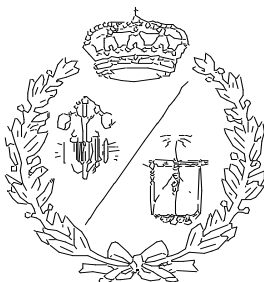


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***Proyecto Fin de Grado***

**DISEÑO DE UN CONTENEDOR EXPANDIBLE  
MÓVIL**

**(Mobile expandable container design)**

**Para acceder al Título de**

**GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

**Autor: Diego Ansorena Ruiz**

**07 – 2021**

# **ÍNDICE GENERAL**

## **MEMORIA**

1.	OBJETO DEL PROYECTO .....	3
2.	ALCANCE .....	4
3.	ANTECEDENTES .....	5
3.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS CONTENEDORES ISO.....	5
3.2.	DIMENSIONES EXTERIORES DE UN CONTENEDOR ESTÁNDAR DE 40 PIES10	
3.3.	PESOS Y DIMENSIONES MÁXIMAS EN SU TRANSPORTE .....	12
3.4.	MECANISMOS DE IZAJE .....	19
3.5.	CONTENEDORES EXPANDIBLES .....	24
4.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....	25
4.1.	COMPONENTES.....	25
4.2.	ESTRUCTURAS .....	27
5.	DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y ELECCION FINAL .....	28
5.1.	TIPO DE CONTENEDOR DE REFERENCIA. MEDIDAS, SERIE Y CLASE .....	29
5.2.	ELECCION ESTRUCTURAL .....	31
5.2.3	Subestructura superior e inferior.....	33
5.3.	APOYOS Y MECANISMOS DE NIVELACIÓN .....	37
5.4.	CAPACIDAD MÁXIMA DE CARGA .....	40
5.5.	TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DEL CONTENEDOR .....	41
5.5.1.	Transporte .....	41
5.5.2.	Izaje.....	42
5.6.	MECANISMO DE EXPANSIÓN. DESCRIPCIÓN.....	43
5.7.	ELEMENTOS COMERCIALES .....	48
5.7.1.	Bridas de cierre.....	48
5.7.2.	Sistema hidráulico .....	49
5.7.3.	Sistema eléctrico de despliegue de paneles laterales .....	54
5.7.4.	Sistema de climatización .....	55

5.7.5.	Falso techo .....	59
5.7.6.	Sistema de iluminación .....	60
5.7.7.	Puertas de entrada .....	61
5.7.8.	Rampa de entrada .....	62
5.7.9.	Cajas de suelo .....	63

## ANEXO A. CÁLCULOS

1.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL. ESTRUCTURA PRINCIPAL.....	2
1.1.	SUBESTRUCTURA SUPERIOR.....	2
1.2.	ESTRUCTURA PRINCIPAL. SUBESTRUCTURA DE BASE .....	8
1.3.	ESTRUCTURA PRINCIPAL. LATERALES DESPLEGADOS.....	14
1.4.	ESTRUCTURA PRINCIPAL. CONFIGURACIÓN COMPACTA.....	16
2.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL. SUBESTRUCTURAS EXPANDIBLES LATERALES. ....	22
2.1.	ANÁLISIS ESTÁTICO.....	22
2.1.1.	Cargas de viento.....	22
2.1.2.	Cargas de nieve.....	28
2.1.3.	Resultados MEF .....	29
2.2.	ANÁLISIS DINÁMICO.....	34
3.	POSTES DE ESQUINA.....	40
4.	CÁLCULO DE BISAGRAS .....	42
4.1.	CARGAS .....	42
4.2.	DISEÑO.....	44
5.	CÁLCULO DE APOYOS .....	48
5.1.	CARGAS .....	48
5.2.	DISEÑO.....	49
6.	UNIONES PERMANENTES Y DESMONTABLES .....	51

6.1.	UNIONES SOLDADAS .....	51
6.1.1.	Estructura principal .....	51
6.1.2.	Elementos auxiliares.....	51
6.2.	UNIONES ATORNILLADAS .....	58
6.2.1.	Paneles frontal y posterior desmontables .....	58
6.2.2.	Postes de esquina .....	60
6.2.3.	Cabrestantes eléctricos .....	62
7.	CÁLCULO DE SISTEMA DE PALANCA DESMONTABLE .....	63
8.	CÁLCULO DE ELEMENTOS COMERCIALES .....	65
8.1.	LONA.....	65
8.2.	BOMBA DE CALOR.....	66
8.4.	SISTEMA HIDRÁULICO .....	73
8.4.1.	Cilindros hidráulicos.....	73
8.4.2.	Cálculo orejetas de soporte de los hidráulicos .....	74
8.4.3.	Bomba hidráulica .....	74
8.4.4.	Depósito de fluido hidráulico .....	76

## PLANOS

## PLIEGO DE CONDICIONES

1.	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA O PROYECTO .....	2
2.	CONDICIONES GENERALES .....	2
2.1.	CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS.....	2
2.2.	CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS.....	3
2.3.	CONDICIONES GENERALES LEGALES .....	4
3.	CONDICIONES PARTICULARES .....	4



## ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1.	COSTE DE MATERIALES .....	13
2.	COSTE DE MANO DE OBRA DIRECTA.....	16
3.	COSTE DE MANO DE OBRA INDIRECTA .....	17
4.	COSTE DEL PUESTO DE TRABAJO .....	18
5.	GASTOS GENERALES.....	19
6.	GASTOS SOCIALES.....	20
7.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	21
8.	PRESUPUESTO DE CONTRATA.....	22

## REFERENCIAS

TABLA DE FIGURAS .....	4
------------------------	---

## RESUMEN

Se trata de una estructura móvil con dimensiones exteriores y puntos de anclaje propios de un contenedor de carga ISO. Su función principal es proporcionar un espacio amplio y de calidad (con sistemas de climatización, iluminación, etc.), con la ventaja de poder transportarse e instalarse de una forma rápida y sencilla.

Este contenedor tiene la capacidad de expandirse mediante una serie de sistemas (hidráulicos y eléctricos) y mecanismos, aumentando su espacio interior (en altura y superficie). El espacio proporcionado es resistente a la lluvia, viento, radiación solar y nieve.

Está diseñado principalmente para la realización de exposiciones o eventos que requieran un espacio de forma temporal, aunque se le puede dar uso para cualquier ámbito que requiera un espacio provisional.

## SUMMARY

It's a movable structure with external dimensions and anchor points (corner fittings) that are typical of an ISO cargo container. Its main purpose is to provide a high-quality space (with air conditioning systems, lighting, etc.), with the advantage of being able to be transported and set up quickly and easily.

This container can expand through a series of systems (hydraulic and electric systems) and mechanisms, increasing its inner space, so it can increase its height and surface. The space provided is resistant to all kinds of meteorological conditions, such as rain, wind, solar radiation and snow.

It's basically designed for holding exhibitions or events that require a temporary space. Although it can be used for any area that requires a temporary space.

# MEMORIA

## 1. OBJETO DEL PROYECTO

La propuesta del proyecto presente consiste en el diseño de un contenedor expandible móvil.

Esencialmente se trata de una estructura cuyas dimensiones exteriores cumplen los estándares para contenedores de transporte de carga ISO.

Los dispositivos para facilitar su manejo (esquineras), propios de un contenedor ISO, serán respetados para facilitar su carga y descarga, apilamiento y transporte. Por tanto, la estructura propuesta en este proyecto se podrá nombrar a como contenedor o container.

Su función primordial no es la del transporte de mercancías, sino la de proporcionar un emplazamiento útil para el desarrollo de proyectos de duración reducida.

El contenedor expandible queda destinado principalmente para un uso de carácter civil, aunque también se le puede dar un uso sanitario, humanitario, militar o cualquiera que requiera de un espacio provisional, lo más amplio posible, cerrado, dotado de energía eléctrica y listo para su uso en un plazo de tiempo muy ajustado. Asimismo, son de gran utilidad para otros proyectos con emplazamientos en lugares remotos donde su construcción in situ no se considere rentable.

Constará de una serie de paneles con una cierta capacidad de aislamiento térmico que proporcionan un espacio interior cómodo para su estancia gracias a un sistema formado por una bomba de calor reversible.

El contenedor puede permanecer en dos disposiciones:

1.- Totalmente recogido y listo para su transporte. En esta forma compacta, la estructura es capaz de contener una carga adicional de 5 toneladas. Su transporte se realizará por medios ferroviarios o por carretera mediante un semirremolque de camión.

2.- La estructura queda completamente desplegada mediante una serie de mecanismos que permitan el movimiento de las paredes laterales y de la estructura que conforma el techo del container. El movimiento de despliegue puede ser accionado por un sistema hidráulico y eléctrico, completando el montaje de ciertos elementos auxiliares de forma manual.

El contenedor desplegado abarca una superficie en torno a tres veces mayor a la de su estado recogido, aumentando a su vez su altura en torno a los 1,3 metros. De esta forma se dispone de un espacio interior de gran amplitud.

Su estética no es equivalente la de un contenedor “tradicional”, dado que este está formado por paneles lisos, modificando únicamente sus esquemas de colores para adecuarse al uso que se le requiera.

## **2. ALCANCE**

El ámbito de aplicación de este proyecto se limita principalmente a un uso civil, como el caso de una sala de exposiciones o eventos móvil. Estas exposiciones podrán existir en forma de exhibición de objetos, difusora de ideas, como actividad para el visitante, como medio contextual o híbrida.

Algunos ejemplos pueden ser una exposición tecnológica, histórica, artística, promocional, etc.

Tal y como se ha descrito en el objeto del proyecto, el uso del contenedor expandible no queda exclusivamente al ámbito civil, sino que se puede extender a cualquier otro siempre que las necesidades del cliente queden cubiertas y no se superen las limitaciones de carga, aforo o exposición al viento y nieve.

El emplazamiento del contenedor puede darse en cualquier espacio lo suficientemente amplio como para permitir las tareas de carga, descarga y maniobras del conjunto cabeza tractora-semirremolque.

El propio suelo sobre el cual descansará la estructura debe de poder resistir los esfuerzos transmitidos su propio peso, teniendo que introducir una serie de almohadillas estabilizadoras para distribuir las cargas en caso de ser necesario.

El contenedor expandible está pensado para producirse y ser empleado en el mercado europeo, por lo que su transporte se espera que sea esencialmente por carretera. El tránsito del contenedor por medios ferroviarios y mediante aviones de carga será mas bien escaso, siendo el transporte marítimo inexistente.

Al no considerarse el caso de exportación de este producto hacia otros continentes, el transporte marítimo no queda considerado. De esta forma se desestima que la estructura deba detener la capacidad de soportar la carga de varios contenedores apilados sobre ella, por lo que el cumplimiento de los diferentes ensayos de carga sobre contenedores ISO no resulta necesario.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTENEDORES ISO

Los contenedores ISO gozan de una amplia gama de clasificaciones y variedades en cuanto a dimensiones y tipos. Dimensionalmente, se caracterizan en función de su serie (1, 2) y de su clase (A, B, C...).

A continuación, se mostrarán diferentes tipologías de contenedores.

##### 3.1.1. Contenedor estándar



*Figura 1. Contenedor estándar de 40 pies. Fuente: icontainers.com*

Se trata del contenedor ISO más usado a nivel mundial en cuanto al transporte por medios marítimos. Comúnmente son de 20 y de 40 pies de longitud, aunque también existen otras variantes en cuanto a longitudes. Se encuentra cerrado herméticamente.

##### 3.1.2. Contenedor “high cube”

Consta de las mismas dimensiones de anchura y longitud que un contenedor estándar. Su diferencia se encuentra en su mayor altura.



*Figura 2. Contenedor HC de 40 pies. Fuente: mastercontainermx.blogspot.com*

### **3.1.3. Contenedor ventilado**



*Figura 3. Contenedor ventilado de 20 pies. Fuente: icontainers.com*

El contenedor ventilado dispone de unas aberturas laterales que permiten la circulación del aire en su interior. De esta forma se permite la expulsión del aire caliente del interior dejando paso al aire fresco del exterior, asegurando así que no se produce condensación de gases o humedad que puedan afectar a la carga.

### 3.1.4. Contenedor refrigerado



Figura 4. Contenedor refrigerado de 20 pies. Fuente: [mastercontainermx.blogspot.com](http://mastercontainermx.blogspot.com)

El contenedor refrigerado cuenta con un sistema que permite mantener una temperatura interior entre  $-25^{\circ}$  y  $+25^{\circ}$ . El sistema debe de tener un suministro eléctrico constante para su funcionamiento.

### 3.1.5. Contenedor “Flat Rack”



Figura 5. Contenedor “flat rack” de 40 pies. Fuente: [iconainers.com](http://iconainers.com)

No disponen de techo o parte superior ni de paredes laterales. Esto los hace adecuados para el transporte de mercancías muy pesadas que deben ser cargadas en el contenedor con



grúas o equipamientos especializados o mercancías con una altura superior a la de un contenedor de 20 o 40 pies High Cube.

### 3.1.6. Contenedor “Open Top”

Tiene la particularidad de no disponer de parte superior.

El tipo de mercancías que se transporta en este tipo de contenedor es esencialmente el mismo que en un contenedor flat rack, pero con medidas más regulares en los laterales.

A diferencia del flat rack, que tampoco tiene techo, consta de paredes laterales y se puede cubrir la parte superior con una lona para que las mercancías viajen más protegidas.



*Figura 6. Contenedor “open top” de 40 pies. Fuente: iconainers.com*

### 3.1.7. Caja móvil o “Swap bodies”

Son un tipo de contenedores especiales usados en gran parte en Europa. No están fabricados según los estándares ISO para contenedores de carga, pero aun así son de enorme utilidad.



*Figura 7. Caja móvil. Fuente: iberiacc.com*

### **3.1.8. Contenedor “open side”**

Están provistos con puertas laterales que tienen la capacidad de poder crear una apertura completa del lateral del contenedor. De esta forma se tiene un espacio de gran anchura para realizar las tareas de carga y descarga.



*Figura 8. Contenedor “open side” de 20 pies. Fuente: iconainers.com*

### 3.2. DIMENSIONES EXTERIORES DE UN CONTENEDOR ESTÁNDAR DE 40 PIES

Las dimensiones exteriores de un contenedor son dadas por la norma UNE 028597 y forman uno de los aspectos más importantes del mismo dado que, gracias a estas, es posible el uso de unos elementos de transporte normalizados, así como sus mecanismos de izaje y de manipulación del contenedor.

Tan importante como las propias medidas exteriores del contenedor son las piezas de esquina o esquineras (véase fig.9). Estas están normalizadas según la norma UNE 117103, equivalente a la ISO 1161. Constan de una serie de orificios con formas específicas en los cuales se acoplan los diferentes sistemas de sujeción (garfios, grilletes, "twist-lock", etc.).

Las esquineras deben de situarse en cada esquina del contenedor, de modo que se cumplan las dimensiones exigidas por la norma dentro de un cierto margen de tolerancia.

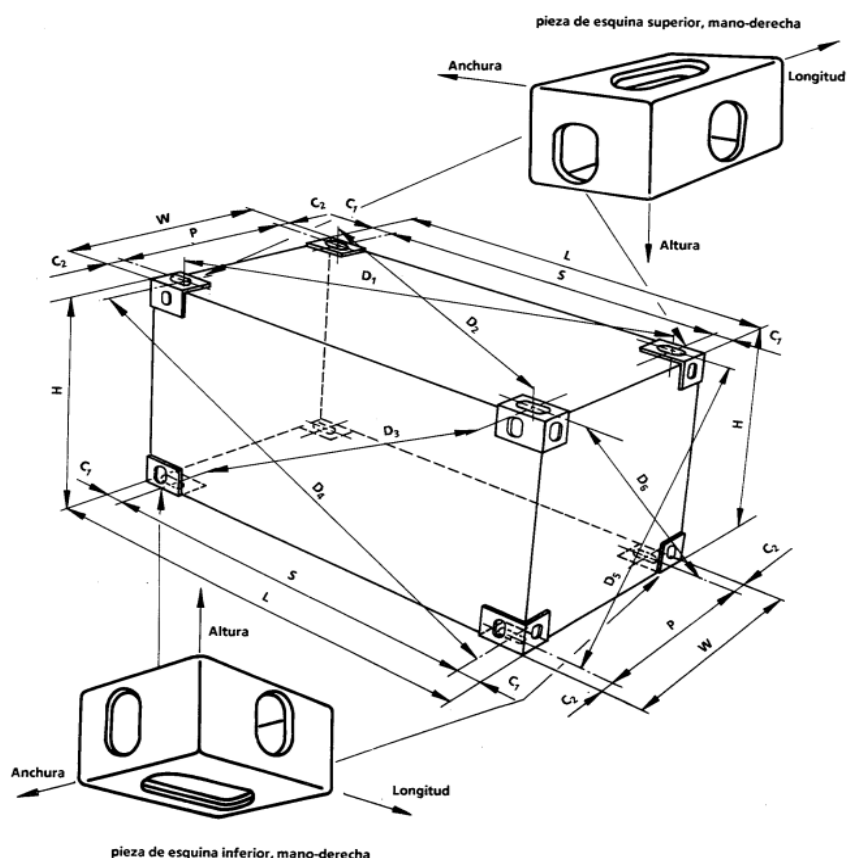


Figura 9. Dibujo esquemático de las dimensiones exteriores de un contenedor estándar. Fuente: UNE 028597

En la siguiente figura se pueden observar los diferentes valores dimensionales exteriores que pueden tomar los contenedores de la serie 1, desde la clase AX hasta la AAA.

Designación de los contenedores	Longitud ( <i>L</i> )				Anchura ( <i>W</i> )				Altura ( <i>H</i> )				Carga bruta máxima, <i>R</i> <sup>1)</sup>		
	tol.		tol.		tol.		tol.		tol.		tol.				
	mm		pies pulgadas		pulgadas		mm		pies pulgadas		pulgadas		kg lb		
IAAA	12 192	0 -10	40	0 -3/8	2 438	0 -5	8	0 -3/16	2 896 <sup>2)</sup>	0 -5	9	6 <sup>2)</sup>	0 -3/16	30 480 <sup>2)</sup>	67 200 <sup>2)</sup>
IAA									2 591 <sup>2)</sup>	0 -5	8	6 <sup>2)</sup>	0 -3/16		
IA									2 438	0 -5	8		0 -3/16		
IAX									< 2 438		< 8				

Figura 10. Valores numéricos de las dimensiones y tolerancias de un contenedor estándar. Fuente: UNE 028597

Además de las dimensiones exteriores, se debe de prestar atención a las distancias centro a centro de los orificios de las esquinas para el posicionamiento de las guías fijas de los “twist-locks”.

**Datos básicos**  
(Independientes del tamaño de guía “twist-lock” escogida)      Valores en milímetros

Designación del contenedor	$S_c (=S_c)$	$T_{sc}$	$P_c (=P_c)$	$T_{pc}$	$K$	$X$	$K/X$
IAA/IA/IAX	11 985,5	± 6,5	2 259,0	± 4,0	19	9,7	1,96
IBB/IB/IBX	8 918,5	± 6,5	2 259,0	± 4,0	16	8,3	1,93
ICC/IC/ICX	5 853,5	± 4,5	2 259,0	± 4,0	13	7,0	1,86
ID/IDX	2 787,0	± 4,0	2 259,0	± 4,0	10	6,4	1,56

Figura 11. distancias para el posicionamiento de las guías fijas de los “twist-locks”. Fuente: UNE 028597

### 3.2.1. Esquinas

Una característica de los elementos esquina es su simetría a lo largo de los ejes horizontales del contenedor. Sin embargo, las esquinas superiores e inferiores difieren en la forma de un orificio en concreto. La parte frontal de las cantoneras superiores tiene forma de escudo, ideal para poder insertar un garfio de grúa en ella. Las inferiores no constan de esta forma en su parte frontal dado que no resulta útil la inserción de un garfio en ellas.

A continuación, se muestran las dimensiones con sus respectivas tolerancias de los elementos esquina en cumplimiento de la norma ISO 1161.

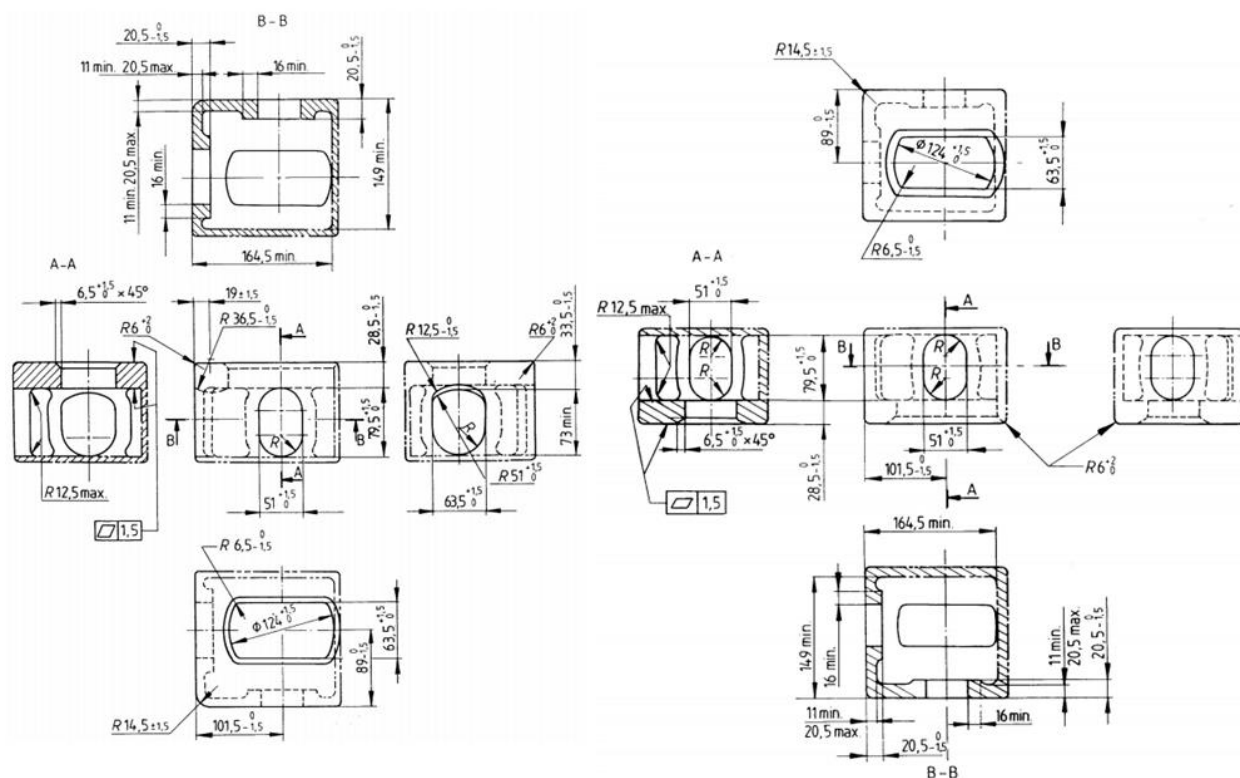


Figura 12. Dimensiones y tolerancias de los elementos esquina. Fuente: UNE 117103

### 3.3. PESOS Y DIMENSIONES MÁXIMAS EN SU TRANSPORTE

### 3.3.1. Transporte por carretera

Dentro del marco europeo, el transporte de mercancías por carretera mediante camiones de carga es el más versátil de todos ellos. Respecto a otros tipos de transporte, este es más económico y el que posee una mayor flexibilidad en cuanto a horarios y condiciones.

El transporte por carretera debe de cumplir una serie de requisitos en cuanto a las dimensiones y pesos de los vehículos o conjuntos de vehículos.

### Longitud de vehículos articulados

Longitud máxima autorizada para  
los vehículos articulados, trailer,  
16,50 m

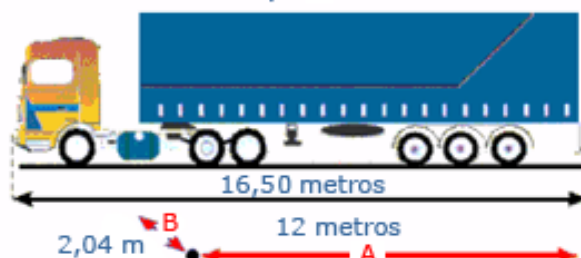


Figura 13. Longitud máxima autorizada para los vehículos articulados. Fuente: mitma.gob.es

A.- La distancia máxima entre el pivote de enganche y la parte trasera del semirremolque no podrá ser superior a 12,00 metros.

B.- La distancia entre el pivote de enganche y un punto cualquiera de la parte delantera del semirremolque no podrá superar los 2,04 metros.

### Anchura máxima permitida

Anchura máxima

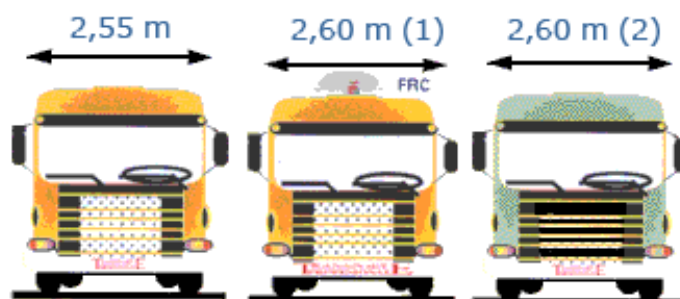


Figura 14. Anchura máxima autorizada para los vehículos articulados. Fuente: mitma.gob.es

La anchura máxima autorizada, como regla general es de 2,55 m, siendo la de superestructuras de vehículos acondicionados de 2,60 m y la de autobuses especialmente acondicionados para el traslado de presos de 2,60 m.

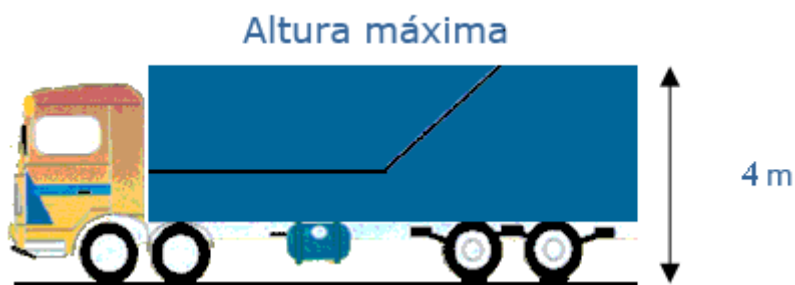
**Altura máxima permitida**

Figura 15. Altura máxima autorizada para los vehículos articulados. Fuente: mitma.gob.es

Norma general: La altura máxima de los vehículos, incluida la carga, podrá ser de 4,00 metros. (4,20 metros, para autobuses Clase I urbano).

Se permitirá hasta 4,50 metros de altura máxima, incluida la carga:

- Portavehículos: Camiones (rígidos) y conjuntos de vehículos (trenes de carretera y vehículos articulados), cuando estén especializados en el transporte de vehículos.
- Vehículos grúa destinados a la retirada de vehículos accidentados o averiados.
- Vehículos que transportan contenedores cerrados homologados para el transporte combinado o intermodal.

**Pesos de vehículos articulados**

La masa máxima autorizada de los vehículos autorizados depende en parte del número de ejes que forma el conjunto.

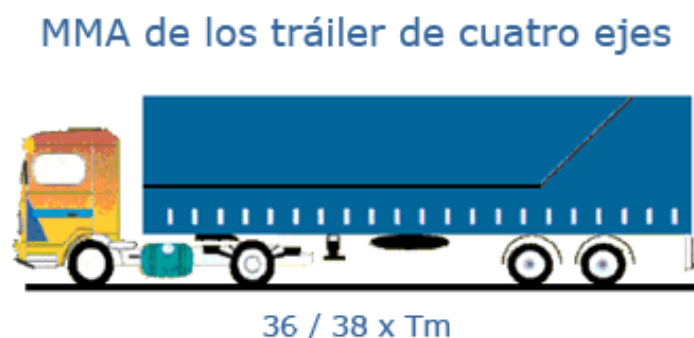


Figura 16. MMA para vehículos articulados de 4 ejes. Fuente: mitma.gob.es

## -Vehículos articulados de 4 ejes:

Masas máximas permitidas	Toneladas
Vehículo de motor de 2 ejes y semirremolque en el cual la distancia entre ejes sea igual o superior a 1,30 metros y sea inferior a 1,80 metros	36
Vehículo de motor de 2 ejes y semirremolque en el cual la distancia entre ejes sea igual o superior a 1,80 metros	36
Vehículo de motor de 2 ejes, equipado en el eje motor con ruedas gemelas, suspensión neumática o reconocida como equivalente y por un semirremolque en el cual la distancia entre ejes sea superior a 1,80 metros, y se respeten la masa máxima autorizada del vehículo motor (18 toneladas) y la masa máxima autorizada de 1 eje tándem de semirremolque (20 toneladas)	38
Otros vehículos articulados de 4 ejes compuestos por un tractor de 2 ejes y un semirremolque de otros 2 ejes	36

## -Vehículos articulados de 5 ejes o más ejes

Masas máximas permitidas	Toneladas
Vehículo de motor con 2 ejes y con semirremolque de 3 ejes	40
Vehículo de motor con 3 ejes y con semirremolque de 2 o 3 ejes	40

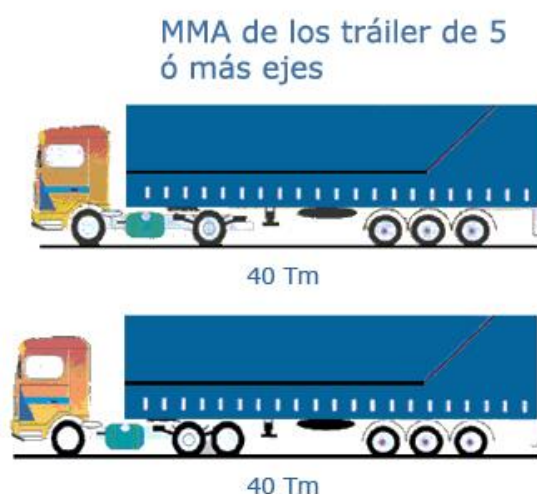


Figura 17. MMA para vehículos articulados de 5 o más ejes. Fuente: mitma.gob.es



### -Vehículos articulados de 5 o más ejes–Transporte Combinado

Masas máximas permitidas	Toneladas
Vehículo de motor con 3 ejes y con semirremolque de 2 o 3 ejes llevando, en transporte combinado, un contenedor o caja móvil cerrados, igual o superior a 20 pies y homologado para el transporte combinado	44
Vehículo de motor con 2 ejes y con semirremolque de 3 ejes llevando, en transporte combinado, un contenedor o caja móvil cerrados, igual o superior a 20 pies y homologado para el transporte combinado	42

Se establecen una serie de pesos máximos en el caso del transporte de contenedores homologados para el transporte combinado. Por lo tanto, la masa máxima autorizada de nuestro vehículo articulado se encontrará entre las 36 y 42 toneladas, dependiendo si consta de 4 o más ejes.

En cuanto a dimensiones máximas, estas son de 14,04 metros de largo por 2,55 de ancho por 4,5 de altura. Los semirremolques portacontenedores rondan una altura de 5ª rueda en torno a 1,15 metros, por lo que el espacio libre restante es de 3,35 metros aproximadamente. La altura máxima de un contenedor “high cube” es de 2,896 metros, por lo que existe un cierto margen respecto a las limitaciones legales incluso en el caso de contenedores de gran altura.

### 3.3.2. Transporte ferroviario

El transporte ferroviario puede resultar de gran utilidad en el caso de portes de un número elevado de unidades, para cubrir grandes distancias o acceder a zonas con grandes congestiones de tráfico. También puede ser útil para acceder a zonas remotas donde no existen caminos adecuados para el paso de vehículos pesados.

La Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) establece una serie de gálibos estandarizados en gran parte del mundo, tal y como se aprecian en la figura 18.

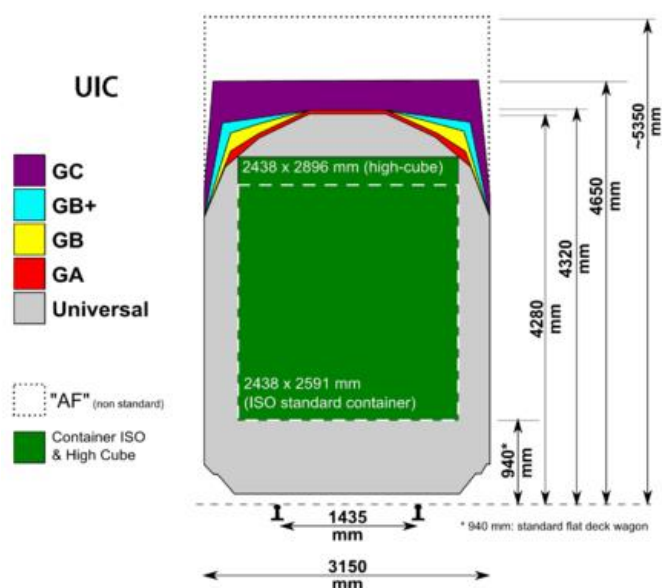


Figura 18. Gálibos estandarizados de la UIC. Fuente: eur-lex.europa.eu

A su vez, la union europea define los gálibos cinemáticos mediante las llamadas Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad, concretamente la ETI (2002/735/EC).

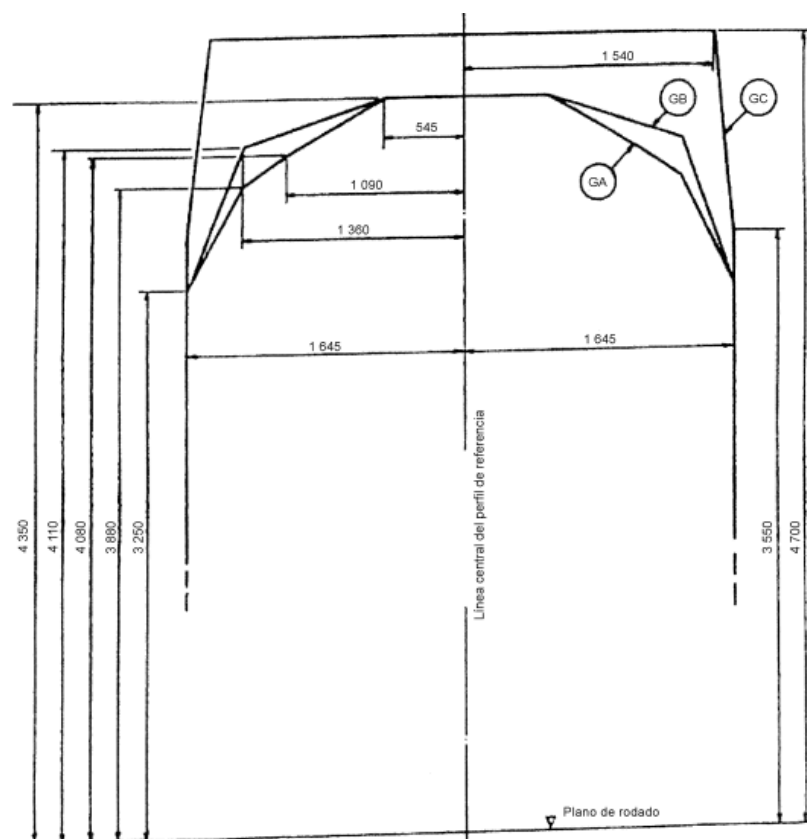


Figura 19. Gálibos estandarizados dentro de la unión europea. Fuente: eur-lex.europa.eu

Se puede observar que, según esta especificación, el gálibo cinemático mínimo es de 4350mm, más amplio que el establecido por la UIC.

En España, el gálibo cinemático se representa mediante los contornos de referencia GHE16, GEA16, GEB16 y GEC16, así como los GA, GB y GC propios de la UIC. En la figura 21 se incluye un detalle.

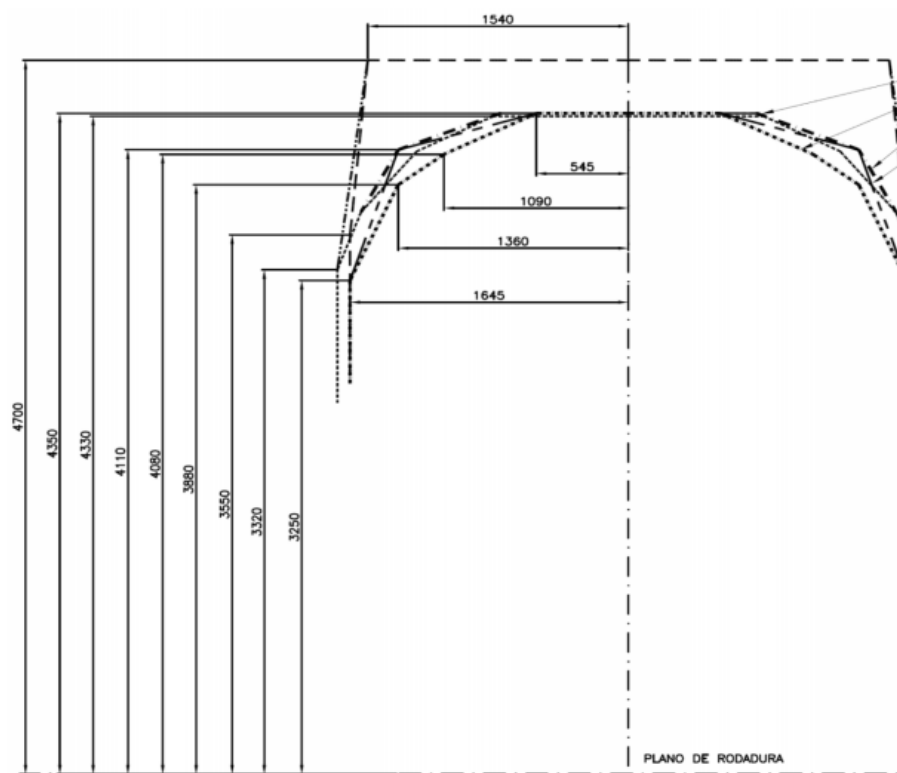


Figura 20. Medidas propias de los contornos de referencia GHE16, GEA16, GEB16 y GEC16, GA, GB y GC. Fuente: [boe.es/eli/es](http://boe.es/eli/es)

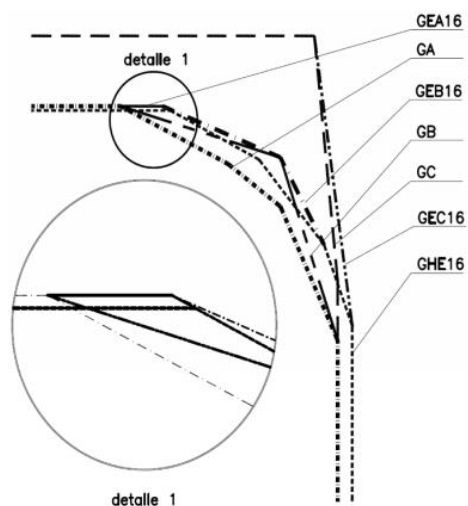


Figura 21. Detalle de los contornos de referencia GHE16, GEA16, GEB16 y GEC16, GA, GB y GC. Fuente: [boe.es/eli/es](http://boe.es/eli/es)

Como se puede observar, los gálibos cinemáticos en Europa y en España constan de pequeñas variaciones entre sí. Ambos permanecen por encima de los mínimos establecidos por la UIC, por lo que este tipo de contenedores cumple perfectamente con los límites dados.

### 3.4. MECANISMOS DE IZAJE

Los sistemas de izaje son fundamentales para poder realizar las tareas de carga y descarga del contenedor al semirremolque de forma controlada. El izaje una operación necesaria siempre que se quiera trasladar el contenedor al suelo para que posteriormente sea expandido.

Se tienen una serie de opciones muy variadas para poder realizar estas tareas.

#### 3.4.1. Elementos de izaje

Existe una amplia gama de opciones para poder manipular el contenedor de una forma adecuada. En este caso se darán las de mayor relevancia.

##### Grúa hidráulica montada sobre la cabeza tractora

Con capacidades de carga que pueden superar incluso las 100 toneladas, pueden acoplarse a una cabeza tractora tanto de 2 como de 3 ejes. Debe de respetarse el espacio requerido para el acople de la 5ª rueda.



Figura 22. Grúa hidráulica acoplada sobre una cabeza tractora de 3 ejes. Fuente: ventadecamiones.eu

**Grúa hidráulica montada sobre el semirremolque**

Es una opción parecida a la anterior. Puede ser útil para camiones en los que el acoplamiento de la 5ª rueda en conjunto con el semirremolque deje un espacio escaso para el montaje de la grúa hidráulica.



Figura 23. Grúa hidráulica acoplada sobre el semirremolque. Fuente: [ormet.it/es](http://ormet.it/es)

**Semirremolque con autocarga de contenedores**

Figura 24. Semirremolque con autocarga de contenedores. Fuente: [milanuncios.com](http://milanuncios.com)

Consta de dos mecanismos accionados hidráulicamente capaces de cargar un contenedor de una forma extremadamente sencilla, posicionando el semirremolque en paralelo. Se puede regular para la carga de contenedores de diferentes dimensiones.

### **Patas hidráulicas**

Son unos cilindros hidráulicos montados en cada esquina del contenedor. Pueden estar incorporadas a la propia estructura del contenedor o ser totalmente desmontables, acoplándose al contenedor mediante “Twist-locks”.

Elevan el container de tal manera que el semirremolque pueda desplazarse por su parte inferior hasta quedar correctamente posicionado para su fijación al mismo.



*Figura 25. Patas hidráulicas. Fuente: bmtest.dk*

### **Grúa hidráulica autopropulsada**

Por otra parte, cabe la posibilidad contratar servicios a empresas externas especializadas en las tareas de izaje mediante este tipo de maquinaria.





Figura 26. Grúa hidráulica autopropulsada. Fuente: gruasaguado.com

### 3.4.2. Manipulación y fijación

Existen varios tipos de elementos de fijación. En la figura 27 se muestran los más comunes

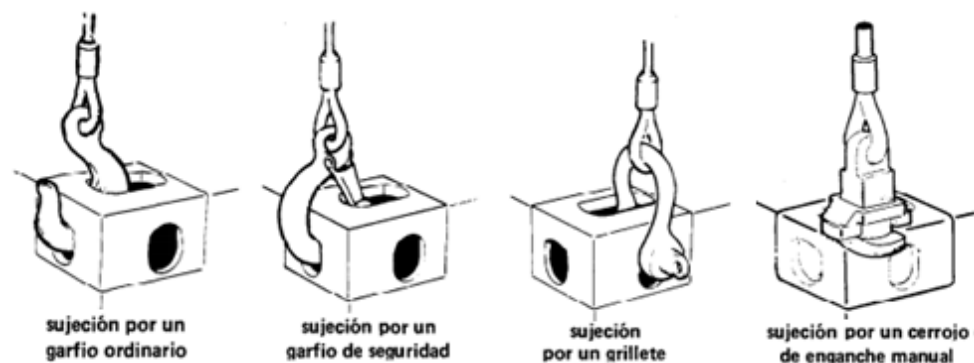


Figura 27. Tipos de fijaciones. Garfios, grilletes y cerrojos o “twist-lock”. Fuente: UNE 49762

La norma UNE 49762 aglutina los métodos y procedimientos recomendados para la manipulación y la fijación de los contenedores ISO. De esta forma, se aseguran una condiciones mínimas de seguridad.

A continuación se muestran los ejemplos de dispositivos de elevación de contenedores de mayor relevancia dado nuestro ámbito de aplicación.

Uno de ellos es un bastidor de enganche manual, mostrado en la figura 28.

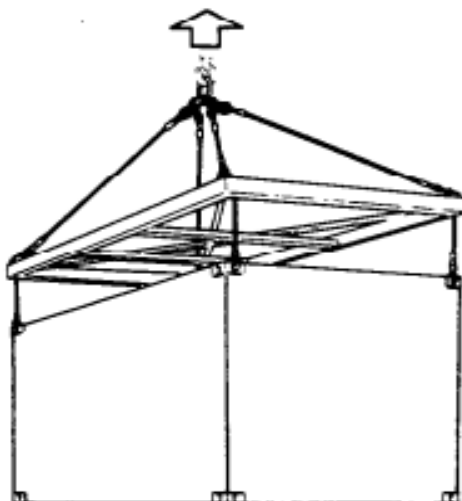


Figura 28. Bastidor de enganche manual fijado a un contenedor ISO. Fuente: UNE 49762

Por otra parte, existe la posibilidad de elevar el contenedor por sus cuatro piezas de esquina inferiores mediante el siguiente dispositivo de elevación.

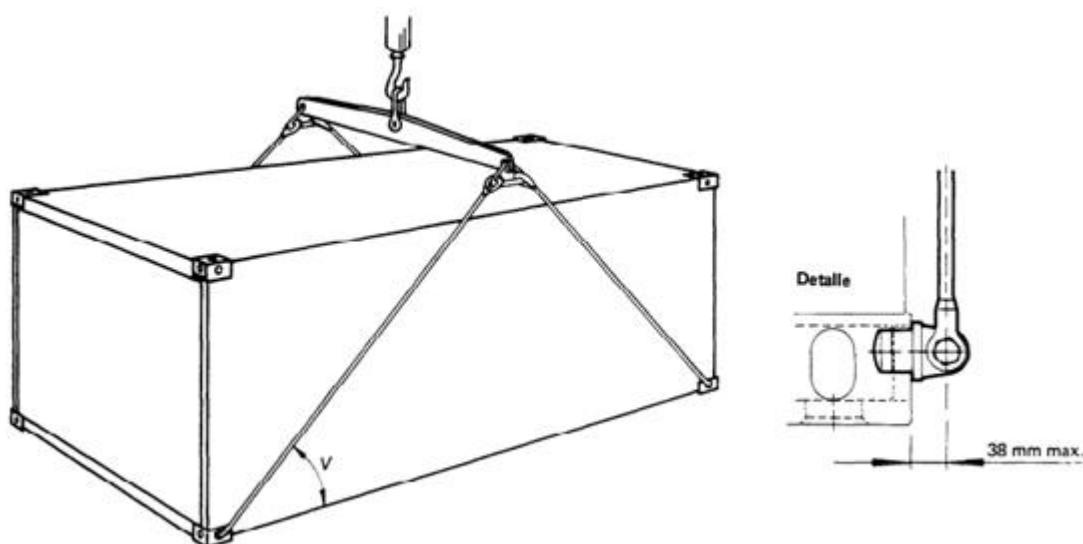


Figura 29. Contenedor elevado por las cuatro esquinas inferiores. Fuente: UNE 49762

Los ángulos de elevación “v” constan de unos valores determinados en función del tipo de contenedor que se desee elevar. Estos valores aparecen indicados en la siguiente figura.

Tipo de contenedor	1AA y 1A	1BB y 1B	1CC y 1C	1D, 1E y 1F
V mín.	30°	37°	45°	60°

Figura 30. Ángulos de elevación “v” en función del tipo de contenedor. Fuente: UNE 49762



### 3.5. CONTENEDORES EXPANDIBLES

Existe una gran cantidad de diseños diferentes en cuanto a contenedores expandibles, sin embargo, en este caso solamente se mostrará el más relevante encontrado.

La patente ES2761925T3 propone una estructura plegable capaz de aumentar el tamaño del contenedor en anchura y altura mediante un sistema mixto, accionado de forma hidráulica la elevación del techo y de forma manual el despliegue de los laterales.

La estructura en su movimiento de despliegue se ve de la siguiente manera.

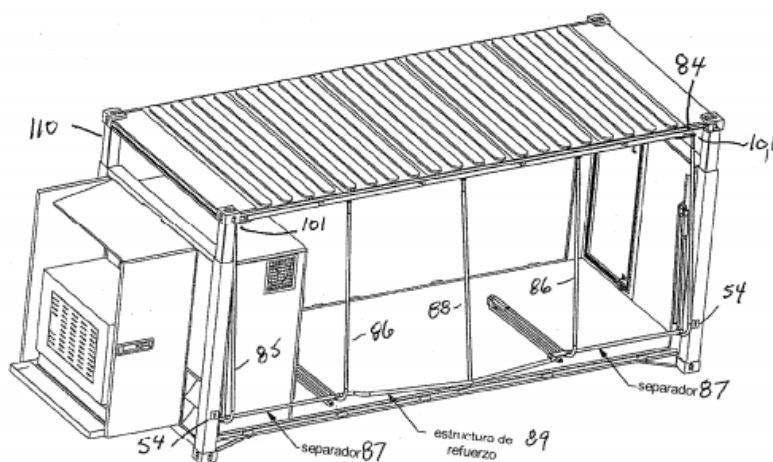


Figura 31. Vista isométrica de la invención con varios componentes expuestos. Fuente: ES2761925T3

Los sistemas hidráulicos y eléctricos se encuentran en la parte frontal del contenedor y parte de la estructura se cierra y aísla del exterior por medio de una lona.

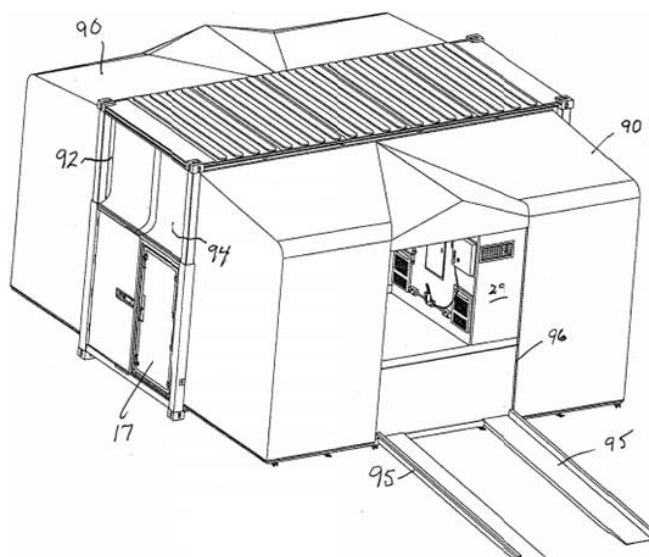


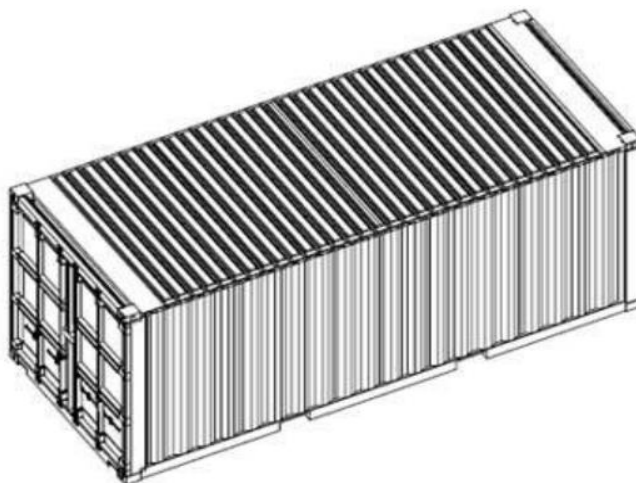
Figura 32. Vista isométrica de la invención completamente desplegada. Fuente: ES2761925T3

## 4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

-Intermodal.

Dicho de un sistema de transportes: Dispuesto para que puedan utilizarse distintos medios.

Dado que el contenedor expandible constará de grandes similitudes respecto a elementos estructurales y dimensionales, será pertinente adoptar el vocabulario utilizado para designar las partes sobre las que está formado el contenedor.



*Figura 33. Vista isométrica de un contenedor ISO. Fuente: lianli-mach.com*

### 4.1. COMPONENTES

De forma general, el aspecto de un contenedor ISO es el mostrado en la figura 33. A simple vista, los elementos de los que está formado no se pueden distinguir con precisión. En la figura 33 se puede observar su estructura interna, formada por perfiles comerciales de acero junto con las ocho esquineras.

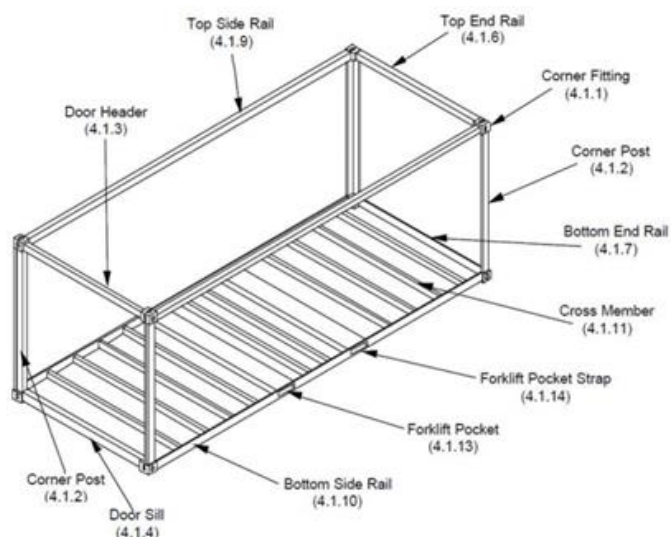


Figura 34. Vista isométrica de la estructura interna del contenedor. Fuente: lianli-mach.com

- **Cantonera o esquinera (4.1.1):**

Situado en los ocho vértices del contenedor, proporcionando de esta forma medios para izaje manipulación o asegurar el contenedor.

- **Largueros superiores e inferiores del marco frontal (4.1.6-4.1.7):**

Elementos estructurales transversales situados en el borde superior e inferior del contenedor, quedando unidos a las esquineras.

- **Cabezal de la puerta (4.1.3):**

Elemento estructural transversal situado sobre la abertura de la puerta, uniando los elementos esquina posteriores superiores.

- **Travesaño de la puerta:**

Elemento estructural transversal situado en la parte inferior de la abertura de la puerta, uniando los elementos esquina posteriores inferiores.

- **Pilares verticales esquineros o postes de esquina:**

Elemento estructural vertical situado en las cuatro esquinas del contenedor, unido a las cantoneras superior e inferior.

- **Larguero lateral superior e inferior:**

Elemento estructural longitudinal situado en el borde superior e inferior de cada lado del Contenedor, uniando los elementos esquina laterales inferiores y superiores.

- **Elemento transversal:**

Elementos estructurales transversales que soportan el suelo unido a los largueros laterales inferiores.

## 4.2. ESTRUCTURAS

Están formadas por varios componentes del contenedor. Se distinguen entre los siguientes tipos, mostrados en la figura 35.

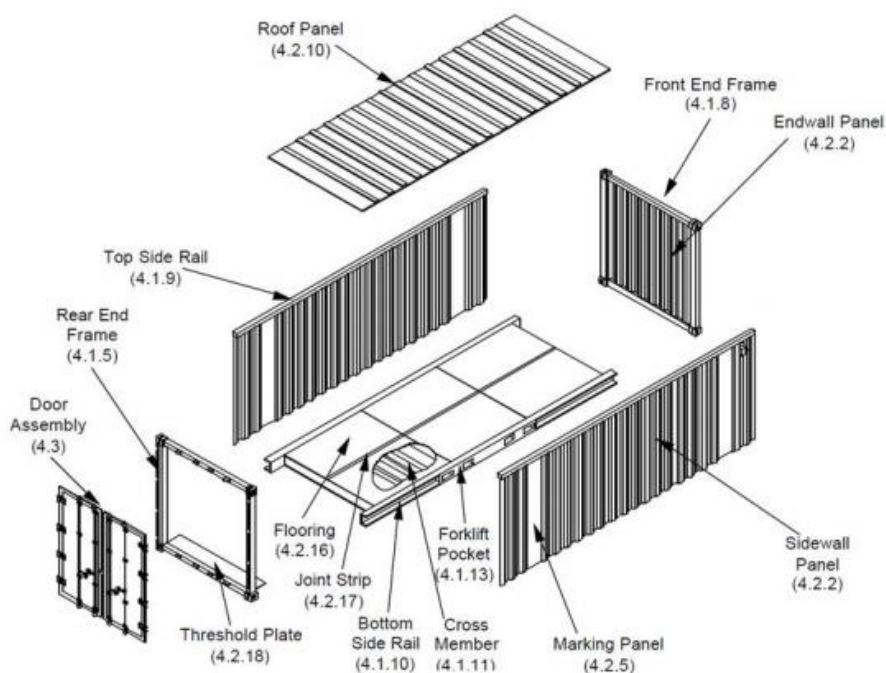


Figura 35. Estructuras que forman un contenedor. Fuente: [lianli-mach.com](http://lianli-mach.com)

- **Piso, suelo o estructura de base:**

Conjunto rígido compuesto por cuatro cantoneras inferiores, dos largueros laterales inferiores, varios elementos transversales y un suelo. Soporta los tablones de madera laminados, láminas de madera contrachapada o similar.

- **Marco Frontal y trasero o marco de los extremos:**

Conjunto estructural en cualquiera de los extremos del Contenedor que consta de cuatro esquineras (dos superiores y dos inferiores), dos pilares verticales esquinero y dos largueros, superior e inferior.

- **Montaje de la puerta:**

Conjunto formado por las dos puertas metálicas del contenedor, unidas al marco del extremo trasero.

- **Pared de extremo:**

Cerramiento delimitado por el marco frontal.

- **Pared lateral:**

Cerramiento situado en el lateral de un contenedor, delimitado por el larguero lateral superior e inferior y los postes de esquina.

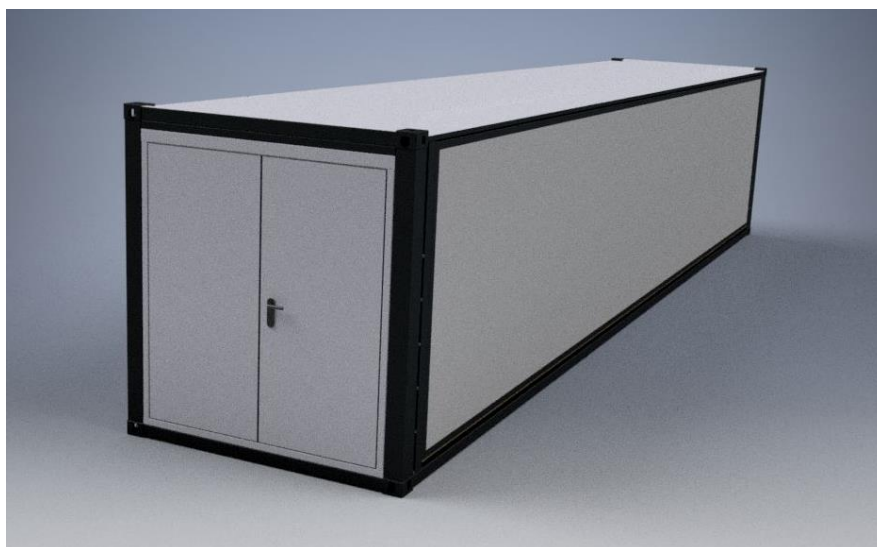
- **Panel del techo:**

Estructura rígida y estanca que forma el cerramiento superior del contenedor, delimitado por los largueros laterales superiores, travesaño superior de la puerta y larguero superior del marco frontal.

## 5. DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y ELECCION FINAL

En este apartado se indicarán las distintas alternativas estudiadas, se evaluarán en función de las ventajas e inconvenientes de cada una y se decidirá cuál es la solución finalmente elegida con su respectiva justificación. Al mismo tiempo se realizará una descripción de las distintas partes que forman el contenedor.

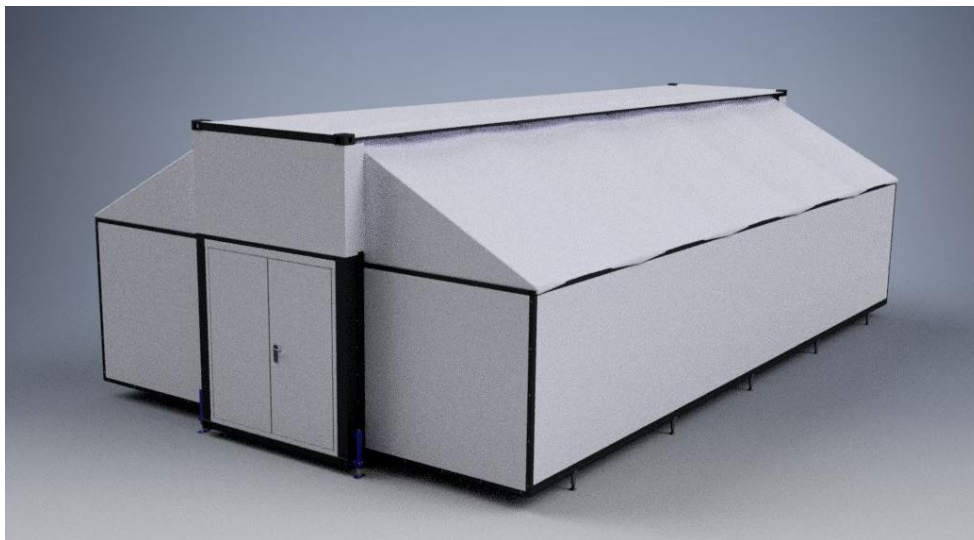
Desde un punto de vista generalizado, existen dos disposiciones posibles en las cuales se puede encontrar el container. En la siguiente figura se puede apreciar este en su forma compacta.



*Figura 36. Contenedor expandible en forma compacta. Fuente propia*

Consta de un aspecto muy similar al de un contenedor de carga ISO, con las diferencias de tener un esquema de colores diferente a lo habitual y consta de paneles lisos que le aportan una estética más refinada.

En la Figura 37 se observa la disposición expandida de la estructura. Tras finalizar su despliegue en cuestión de minutos el contenedor estará completamente listo para su uso.



*Figura 37. Contenedor expandible en forma desplegada. Fuente propia*

### **5.1. TIPO DE CONTENEDOR DE REFERENCIA. MEDIDAS, SERIE Y CLASE**

Como se ha visto en el apartado 3.1, existe una gran cantidad de contenedores diferentes. Varios de ellos pueden servir como una referencia para este proyecto:

- El contenedor estándar debido a que es el comúnmente más utilizado.
- El contenedor refrigerado porque consta de un sistema de refrigeración/calefacción integrado.
- La caja móvil debido a que su uso se encuentra en su mayoría en Europa y no está construida según todos los estándares ISO para contenedores.
- El contenedor “open side” debido a que tiene la capacidad de abrir completamente sus paneles laterales, por lo que consta de un techo más rígido.

Finalmente, el contenedor que se escogerá como aquel de referencia para la elaboración del proyecto será el contenedor estándar de 40 pies. Esta elección viene fundamentada principalmente por su uso y presencia mayoritaria en el mercado, disponiendo de una mayor cantidad de información, como es el caso de catálogos de componentes, despieces, artículos,

patentes, etc. Además de ello, podemos decir que el contenedor estándar es el más general de todos.



*Figura 38. Estructura interna de un contenedor ISO de 40 pies. Fuente propia*

La designación del contenedor será 1AA (véase la figura 10), por lo que el espacio exterior aproximado del contenedor una vez expandido es de  $12,192m \cdot 2,438m \cdot 3 = 89.17m^2$ , teniendo en cuenta que su superficie aumenta en torno a tres veces. Este espacio es más que suficiente para cumplir con el objetivo propuesto, pudiendo emplazar más contenedores expandibles en el caso de requerir una mayor cantidad de espacio dado que las limitaciones dimensionales en cuanto a su transporte por carretera no permiten aumentar en gran medida el tamaño del contenedor en su estado compacto. Las demás variantes de la misma serie constan de alturas diferentes, por lo que ello implica el poder tener mayores o menores dimensiones en los paneles laterales plegables y por ende una mayor o menor superficie total disponible en el estado expandido. La designación 1AA consta de una altura intermedia y además es aquella más común entre los contenedores ISO.

El contenedor expandible también puede cumplir con designaciones 1A y 1AAA, dado que, para una misma longitud y anchura de este, solamente sería necesario modificar la altura del mismo, así como ciertas medidas en los mecanismos de despliegue de las paredes laterales. Dado que la variación de altura es escasa respecto a las medidas 1AA, los esfuerzos en los mecanismos de despliegue de los paneles laterales no variarán en gran medida, por lo que no requerirán de un nuevo dimensionado de los mismos (queda cubierto con el coeficiente de seguridad).



## **5.2. ELECCION ESTRUCTURAL**

Uno de los requisitos principales del diseño del contenedor expandible es el poder aumentar su altura. Este requisito se debe principalmente a la necesidad de disponer de un espacio totalmente amplio, siendo la altura interior de un contenedor 1AA de 2.29 metros y de un contenedor 1AAA de 2.69 metros.

El contenedor expandible, una vez desplegados todos sus elementos móviles, el techo queda sin el soporte de los paneles laterales (al igual que un contenedor “open side”). Debido a esto, la estructura del techo debe de ser reforzada para prevenir unas deformadas excesivas del mismo. Se tienen que aumentar los perfiles de los largueros superiores laterales, disminuyendo aún más la altura interior del contenedor.

A todo lo anterior se debe de sumar el peso adicional que supone anclar al techo los sistemas de aire acondicionado/calefacción, de despliegue de los paneles laterales, sistema hidráulico, de iluminación y de control. Esta disposición es fundamental para ganar la máxima superficie interior posible, por lo que es una opción necesaria. También es inevitable la reducción de la altura interior tras esta decisión, aunque esto ya no supone un problema dado que el contenedor debe de ser capaz de aumentar su altura hasta que esta sea la adecuada para aportar una sensación de amplitud interior.

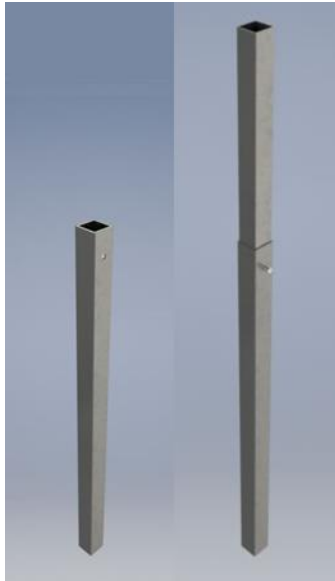
Se han evaluado dos posibles opciones para reforzar la estructura del techo dada la carga aportada en él y la pérdida de apoyos en los laterales:

### **5.2.1. Columnas retráctiles**

Estas columnas están formadas por dos perfiles metálicos concéntricos con la capacidad de variar su longitud a medida que varía la altura del contenedor. Una vez el contenedor se encuentra completamente expandido es necesario fijar las columnas en posición mediante un pasador o similar.

La mayor desventaja de este sistema es la falta de apoyo en el techo mientras este se encuentra en proceso de elevación dado que en ese momento las columnas están extendiéndose (deslizamiento de los perfiles concéntricos).

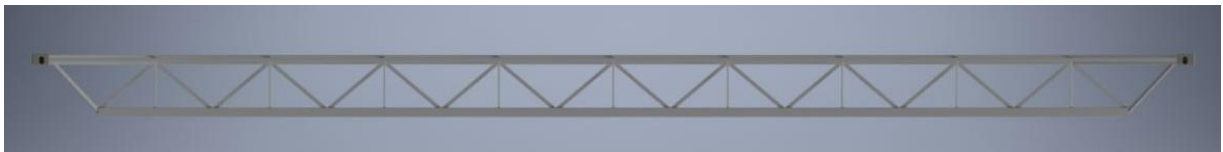




*Figura 39. Columnas retráctiles. Fuente propia*

### **5.2.2. Estructura en celosía**

Se trata de una estructura en celosía que aloja en su interior todos los sistemas y elementos que deben de ser anclados al techo. Debe de aportar una rigidez suficiente a la estructura para mantener una flecha máxima relativamente moderada (en torno a los 3 milímetros).



*Figura 40. Estructura en celosía. Fuente propia*

Finalmente se escogió añadir una estructura en celosía por los siguientes motivos:

- Mediante la eliminación de las columnas se logra un mayor espacio interior y por tanto una sensación de gran amplitud. Existe mayor libertad a la hora de posicionar objetos o mobiliario en el interior.
- La estructura metálica sirve como soporte para anclar todos los sistemas ya mencionados (aire acondicionado, hidráulico, etc.). También es útil como base donde colocar los paneles de falso techo para ocultar todos los elementos alojados en el interior de la celosía.
- Se simplifica la operación de despliegue dado que, en caso de tener las columnas retráctiles, es necesaria la implementación de un sistema de bloqueo y desbloqueo para mantener los pilares en posición.

- A pesar de introducir un mayor peso al techo, el sistema hidráulico de es más que capaz de elevar la carga extra. Esto se debe en parte a que los hidráulicos tienen una gran facilidad para generar grandes fuerzas de empuje, que es proporcional a la presión del líquido hidráulico.

Se trata de una celosía tipo Warren dado que es la tipología que mejor comportamiento ha logrado respecto a deformaciones máximas en las simulaciones realizadas.

En la Figura 41 se pueden observar varias configuraciones diferentes de cerchas.

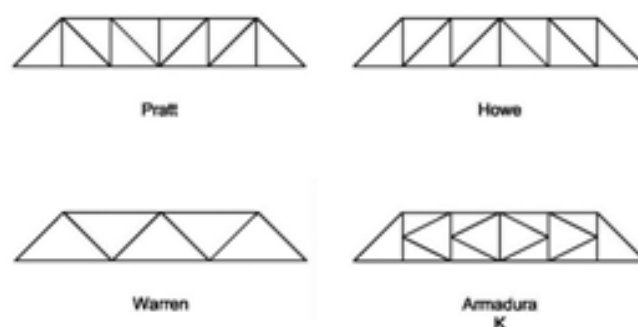
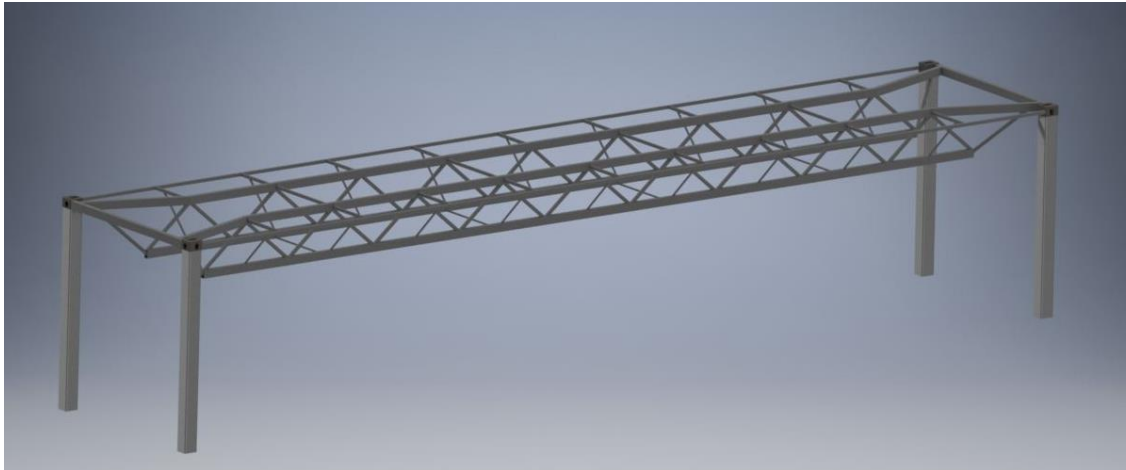


Figura 41. Diferentes configuraciones de celosías. Fuente: [innombrables2013.blogspot.com](http://innombrables2013.blogspot.com)

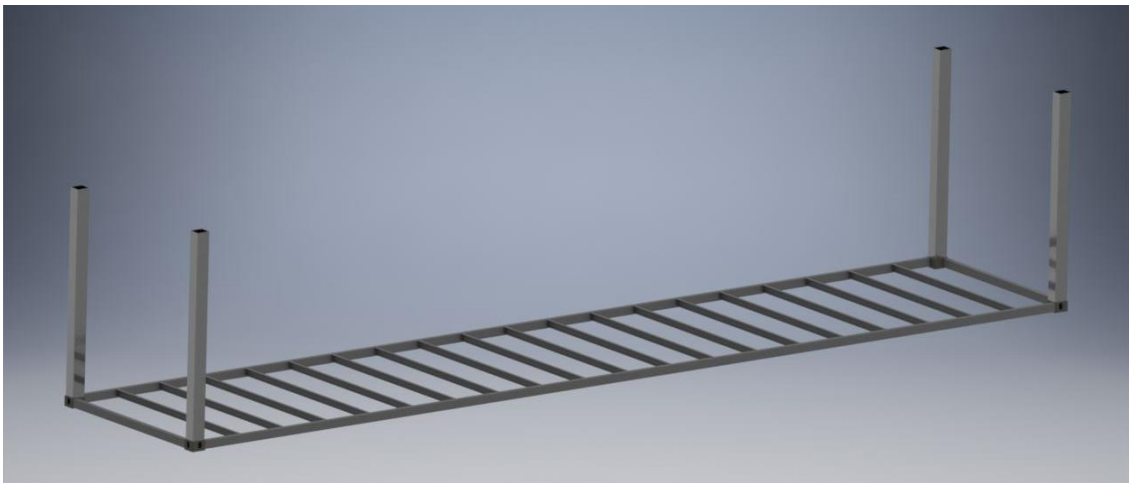
### 5.2.3 Subestructura superior e inferior

La estructura se dividirá en dos subestructuras, una superior y otra inferior. Para realizar el movimiento de elevación se introducirá un cilindro hidráulico en el interior de cada pilar vertical esquinero. Cada subestructura tiene un poste de esquina, pudiendo deslizarse uno sobre otro de forma concéntrica. De esta manera se aprovecha el espacio ocupado por los propios pilares de la estructura para implementar el mecanismo de elevación.

En las siguientes figuras se podrá apreciar inicialmente la parte estructural principal del contenedor, de esta forma se puede apreciar claramente la celosía (Figura 42) y los elementos transversales (Figura 43). También se da una vista de ambas subestructuras una vez terminadas (Figura 44 y Figura 45).



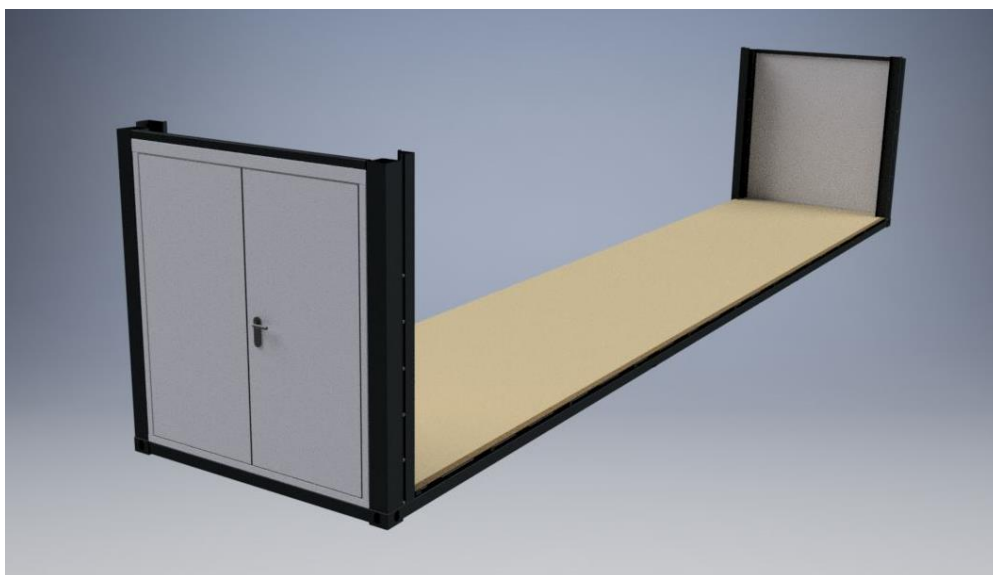
*Figura 42. Subestructura metálica superior. Fuente propia*



*Figura 43. Subestructura metálica inferior. Fuente propia*



*Figura 44. Subestructura superior completa. Fuente propia*



*Figura 45. Subestructura inferior completa. Fuente propia*

Dentro de la subestructura inferior, la disposición de los elementos que forman el suelo será similar en cierta medida al suelo de un contenedor estándar de 40 pies.

Para este caso, los largueros laterales inferiores, así como los elementos transversales deben de tener los cantos más estrechos posibles. De esta forma se facilitará al máximo la entrada al contenedor en su estado expandido (rampas suaves y/o escalones mínimos).

Dado que el contenedor expandido carece de paneles laterales que aporten ese extra de rigidez a la estructura, se añadirán una serie de apoyos adicionales (aparte de las esquineras) para reducir las deformadas excesivas.

Con el contenedor dispuesto en la forma compacta e izado por sus esquinas, el efecto beneficioso de los apoyos extra desaparece. Sin embargo, en este caso los paneles laterales aportan rigidez a toda la estructura dado que se encuentran unidos mediante bisagras a la estructura (junto con los elementos de fijación de los paneles laterales).

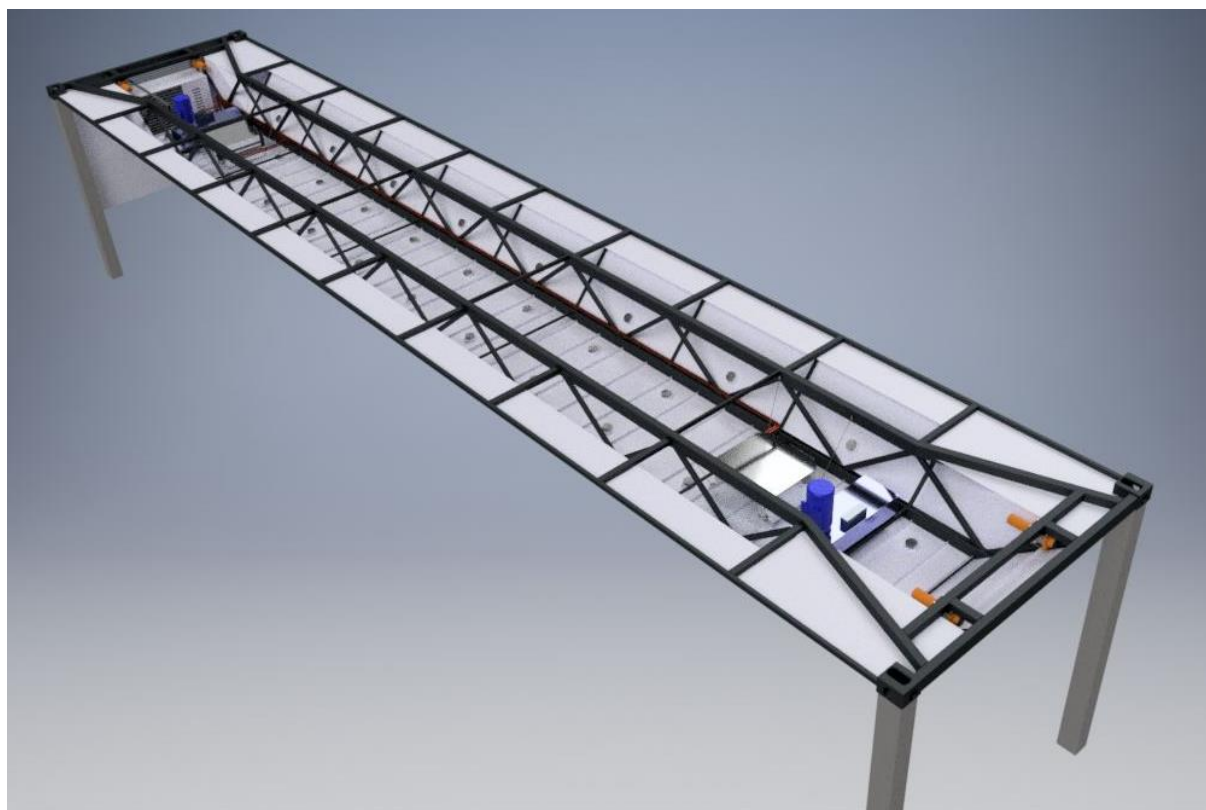
También cabe destacar que cada pilar vertical esquinero dentro de la subestructura inferior está dotado de una abertura desmontable mediante una unión con pernos para facilitar la extracción de los cilindros hidráulicos alojados en su interior en caso de una potencial avería de los mismos cilindros. Es de utilidad tanto para extraer los hidráulicos del interior de cada poste o para reparar una posible fuga dentro del circuito hidráulico.



*Figura 46. Postes esquina con tapa desmontable. Fuente propia*

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la subestructura superior ha de albergar en su interior la inmensa mayoría de sistemas de los que dispone el contenedor. Estos sistemas quedarán posicionados mayormente en sus extremos longitudinales, de esta forma se minimizan los esfuerzos y desplazamientos generados por el momento flector generado sobre la estructura en celosía.

En la siguiente figura se puede apreciar la disposición que tomarán los diferentes sistemas y elementos acoplados a la subestructura superior.



*Figura 47. Vista del interior de la subestructura superior. Fuente propia*

Se puede observar la disposición de cada elemento. Los dispositivos de iluminación son los únicos que se distribuyen de forma uniforme dado que, de la misma manera, se requiere de una luz uniforme en el interior del contenedor expandible.

### **5.3. APOYOS Y MECANISMOS DE NIVELACIÓN**

Una vez el contenedor es descargado del semirremolque y se aproxima al suelo donde descansará, será necesario introducir una serie de apoyos o soportes en ciertos puntos de la estructura, de forma que las cargas se transmitan al suelo de la forma más uniforme posible. El motivo principal de implementar esta serie de soportes es el disponer de la capacidad de nivelar el contenedor respecto al suelo en caso de ser necesario, por lo que cada uno de los soportes constará de un rango de ajuste para poder realizar su función de nivelación.

En cada esquinera inferior se colocará un elemento de nivelación como el que se aprecia en la siguiente figura. El acople se realiza mediante “twist-locks”.

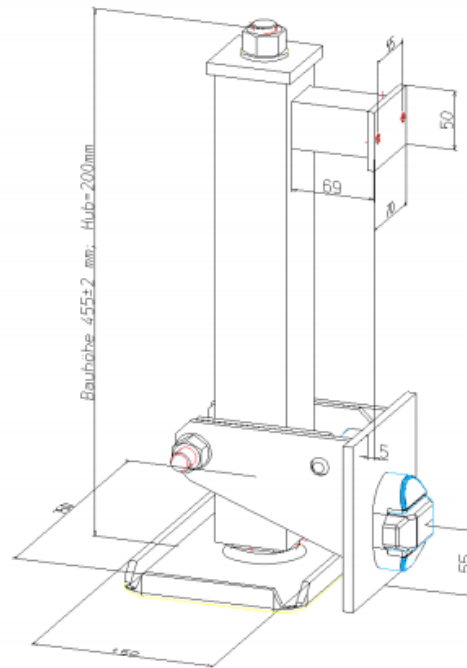
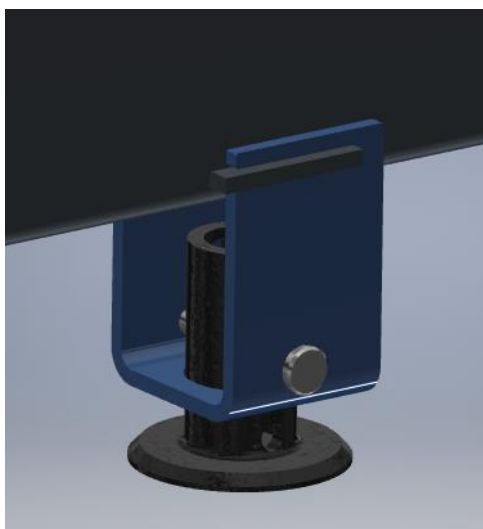


Figura 48. Dibujo esquemático del mecanismo de nivelación. Fuente: hetek.de

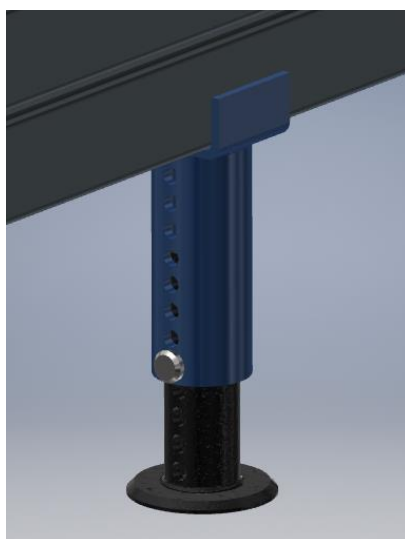
Se trata de un producto comercial, siendo capaz de ajustar su longitud en un rango de 200mm y de soportar una carga máxima de 5 toneladas cada uno de ellos, siendo esta de 20 toneladas para el conjunto.

En cada larguero lateral inferior se instalarán dos apoyos para prevenir una flecha excesiva en estos una vez han sido desplegados los paneles laterales (provocan una pérdida de rigidez en la estructura). Son acoplados mediante cierre de forma en dos placas soldadas a cada lado del larguero, de esta forma se facilita su montaje y desmontaje. A su vez son capaces de regular su altura unos 67mm y soportar cargas de hasta 3 toneladas cada uno de ellos.



*Figura 49. Apoyos de los largueros laterales inferiores. Fuente propia*

Una vez los paneles laterales son desplegados, estos necesitan de algún tipo de soporte en sus extremos libres (en el otro extremo están fijados mediante bisagras). Se trata de 5 apoyos en cada panel lateral con una regulación de 115mm y una misma capacidad de carga que el anterior. En la siguiente figura se puede apreciar al soporte colocado en su lugar de trabajo.



*Figura 50. Apoyos de los paneles laterales plegables. Fuente propia*

En el caso de emplazar el contenedor en un terreno poco estable es recomendable el uso de placas de apoyo para poder distribuir las fuerzas en los apoyos sobre un área mayor, minimizando la carga por unidad de longitud que recae sobre el suelo.





Figura 51. Placas de apoyo. Fuente: [recambiosparaguas.com](http://recambiosparaguas.com)

#### 5.4. CAPACIDAD MÁXIMA DE CARGA

Un contenedor estándar ISO está destinado principalmente al transporte de carga. El contenedor expandible, como ya se ha visto anteriormente, comparte una serie de características con los estandarizados. Una de ellas es la capacidad de transportar una cierta cantidad de carga una vez el contenedor se encuentra en su forma compacta.

La estructura está diseñada para poder soportar en su estado expandido las cargas derivadas de un tránsito de personas en su interior, de posibles muebles o decoraciones, vientos, etc. En su estado compacto estas cargas se reducen drásticamente, por lo que queda un margen de carga útil importante. Esto se traduce en una capacidad de carga durante su transporte de 5 toneladas.

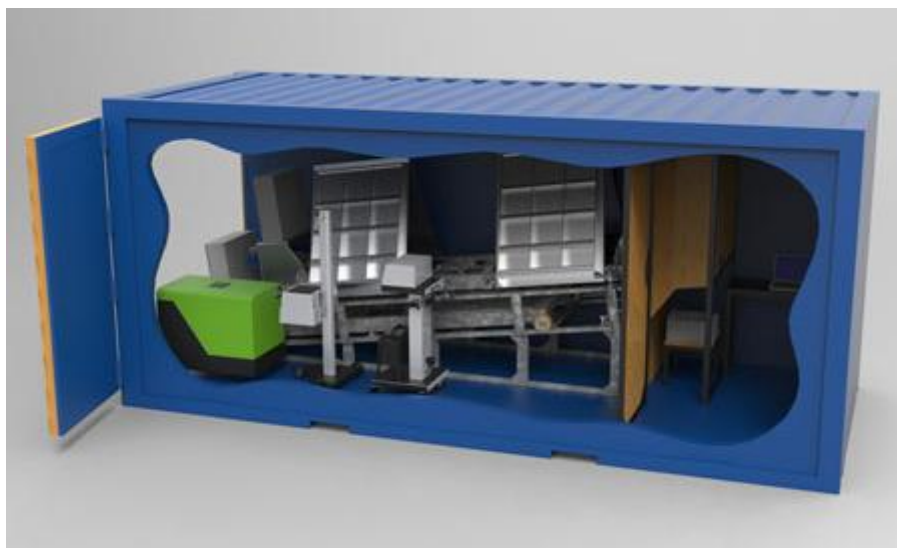


Figura 52. Contenedor interiormente cargado. Fuente: [bmtest.dk](http://bmtest.dk)

Dada esta capacidad de carga del contenedor, se podrán transportar en su interior los elementos auxiliares necesarios para el despliegue y montaje del contenedor. Adicionalmente

se le podrá sumar otros tipos de carga que dependerá del uso que se le esté proporcionando al contenedor en cada caso, como un generador eléctrico en casos donde el suministro de electricidad no se encuentre asegurado, muebles, decorado, iluminación extra, equipo electrónico (ordenadores, proyectores...).

Para la fijación de la carga, se implementarán una serie de anillos de fijación de superficie, sobre los cuales se podrán anclar diferentes elementos de sujeción y fijación de carga. Estos quedarán instalados a lo largo del suelo de la estructura principal del contenedor.



*Figura 53. Anillo de anclaje de superficie. Fuente: mercadolibre.cl*

## **5.5. TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DEL CONTENEDOR**

### **5.5.1. Transporte**

El transporte del contenedor se realizará por medio de un semirremolque apto y homologado para el transporte de contenedores ISO de 40 pies, pudiendo ser tanto una plataforma con la capacidad y los elementos de fijación correspondientes para transportar contenedores ISO, como semirremolques portacontenedores (uso exclusivo para containers).

En la Figura 54 se puede apreciar un semirremolque plataforma dotado de “Twist-locks” para el anclaje de contenedores.



Figura 54. Semirremolque plataforma. Fuente: jjforza.com

### 5.5.2. Izaje

Los diversos elementos de izaje estudiados quedan definidos en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Se permitirá el uso de cualquiera de ellos como opción, dado que el cliente es el encargado de evaluar cuál de las opciones es más viable para sus propósitos.

Sin embargo, dentro de este proyecto se contemplará como favorita la opción de implementar una serie de patas hidráulicas para su carga y descarga al semirremolque. Esta decisión se fundamenta en la sencillez de este mecanismo, su facilidad de transporte (anclado en las esquinas del contenedor), el poco espacio requerido para las tareas de izaje (poco mayor que la superficie del contenedor) y en la existencia de un sistema hidráulico en el propio contenedor que tiene la capacidad de alimentar a las patas hidráulicas en caso de ser necesario.

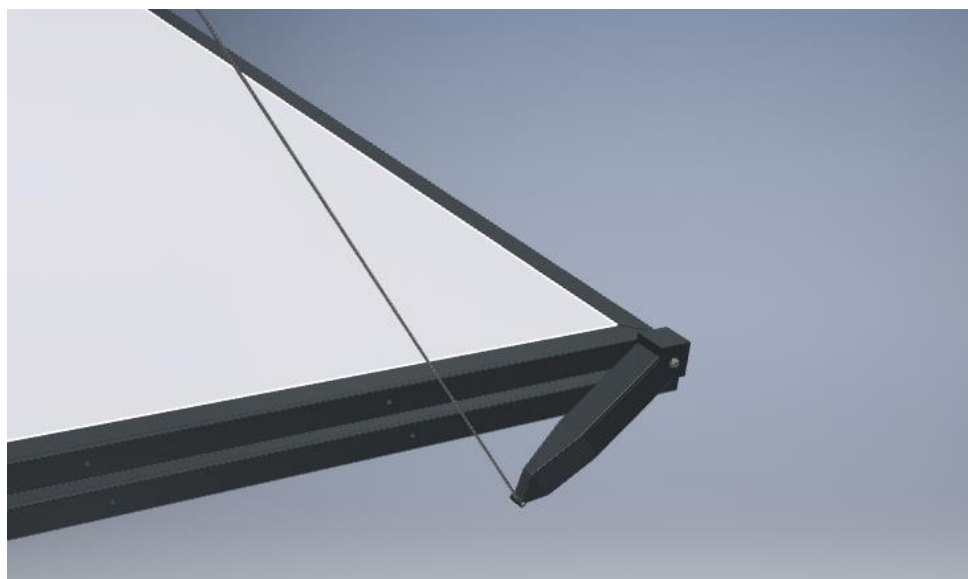


Figura 55. Patas hidráulicas acopladas y plegadas. Fuente: bmtest.dk

En la Figura 55 se puede observar la compacidad de este sistema una vez se encuentra el contenedor en transporte. Tienen la capacidad de plegarse hacia el interior para no exceder en la anchura máxima permitida para vehículos articulados (véase el apartado 3.3.1).

## 5.6. MECANISMO DE EXPANSIÓN. DESCRIPCIÓN

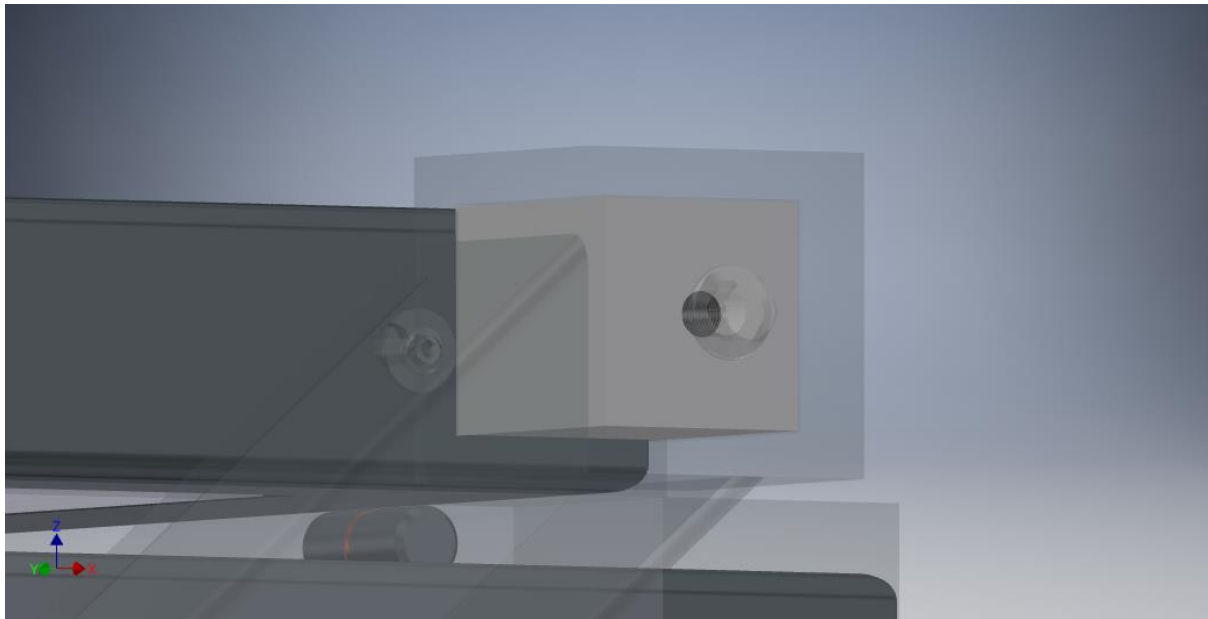
Este mecanismo consta de una parte fundamental. A través de un sistema de palanca desmontable, conectado mediante un tirante de acero (con grillete) a los cabrestantes eléctricos.



*Figura 56. Mecanismo de despliegue. Pared plegable. Fuente propia*

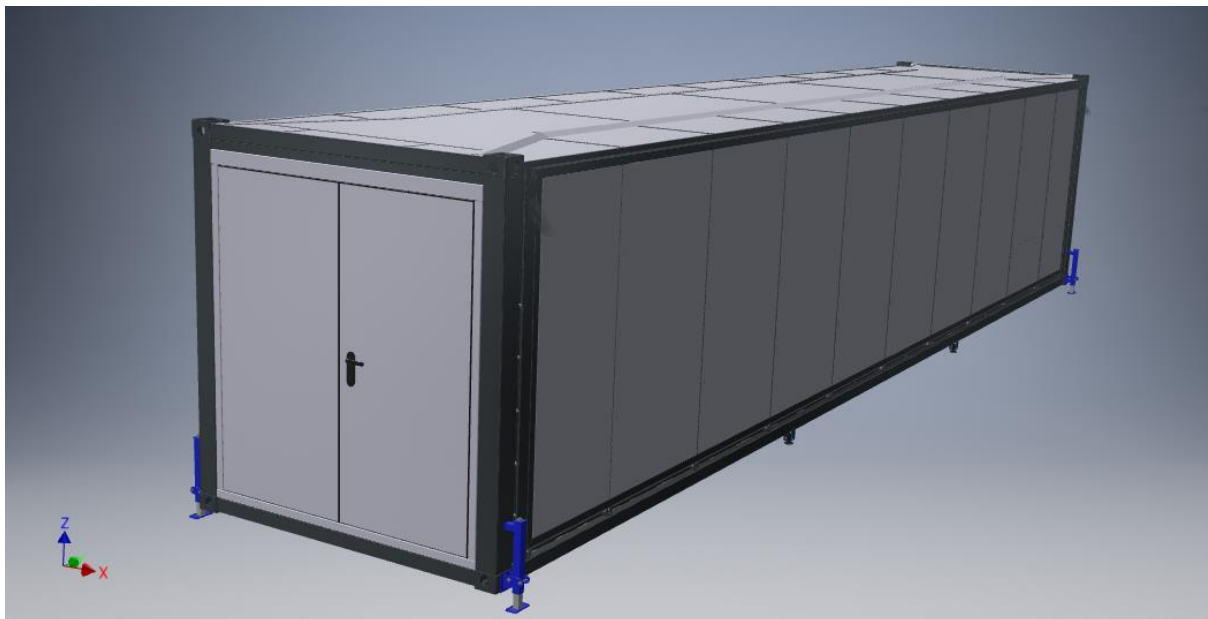
Este mecanismo es totalmente desmontable mediante una unión con perno y el par torsor se transmite mediante un cierre de forma (de forma cuadrada). De esta forma se evita la interferencia al desplegar inicialmente el conjunto suelo-pared plegable.

En la siguiente figura se puede apreciar la unión de este sistema de forma detallada.



*Figura 57. Mecanismo de despliegue. Unión desmontable. Fuente propia*

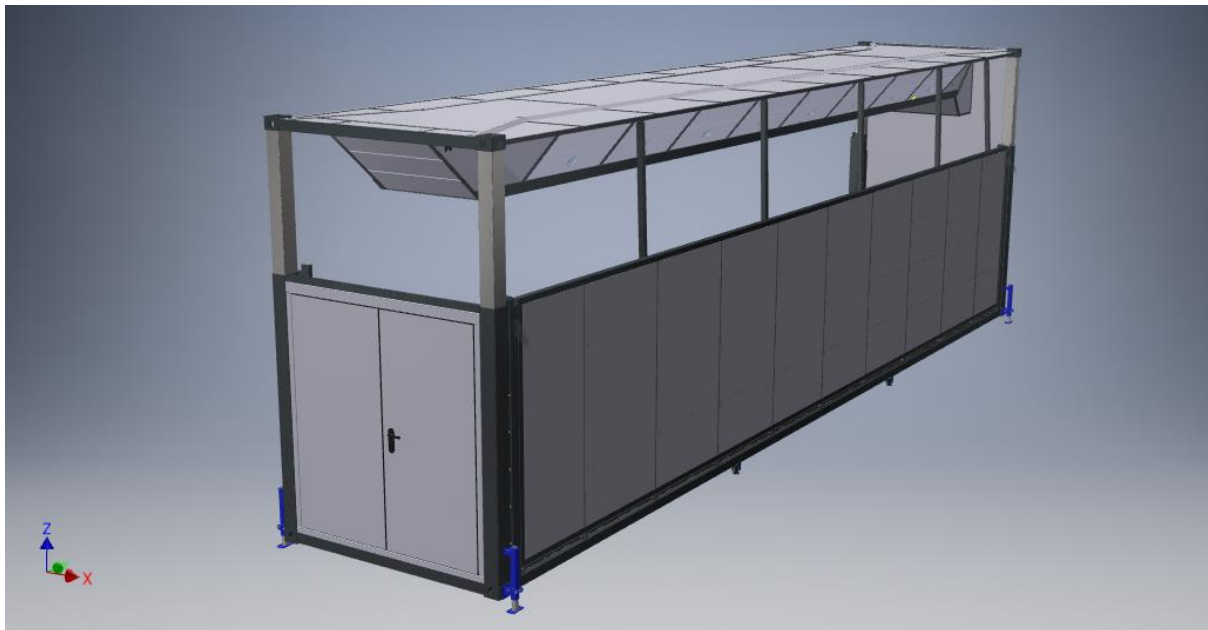
El proceso de expansión del contenedor se realiza mediante los siguientes casos.



*Figura 58. Contenedor en forma compacta. Fuente propia*

En primer lugar, el contenedor se encuentra en forma compacta.

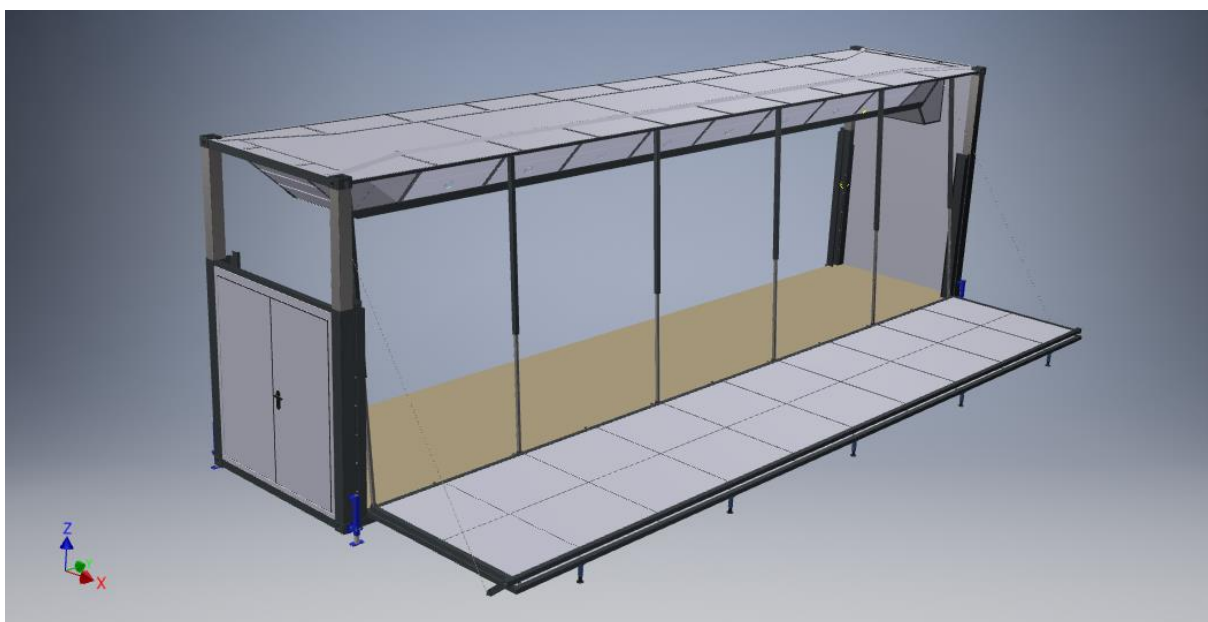
A continuación, se procede a accionar el sistema hidráulico de forma que la subestructura superior se eleva respecto del resto de la estructura.



*Figura 59. Expansión del contenedor. Fase 1. Fuente propia*

Los perfiles que sustentarán la lona se encuentran unidos a la subestructura superior de forma permanente. Su otro extremo queda libre, uniéndose mediante un pasador de seguridad al panel pared plegable en la siguiente fase.

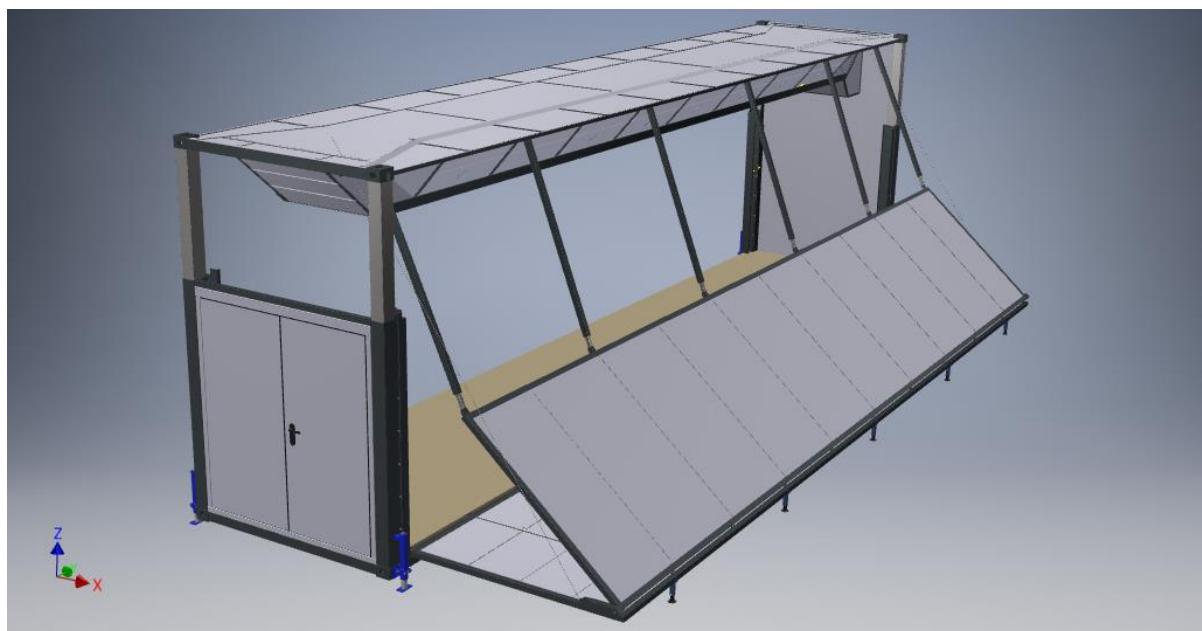
En la siguiente fase se procede a desplegar el conjunto suelo-pared plegable, con el tirante anclado al suelo plegable.



*Figura 60 Expansión del contenedor. Fase 2. Fuente propia*

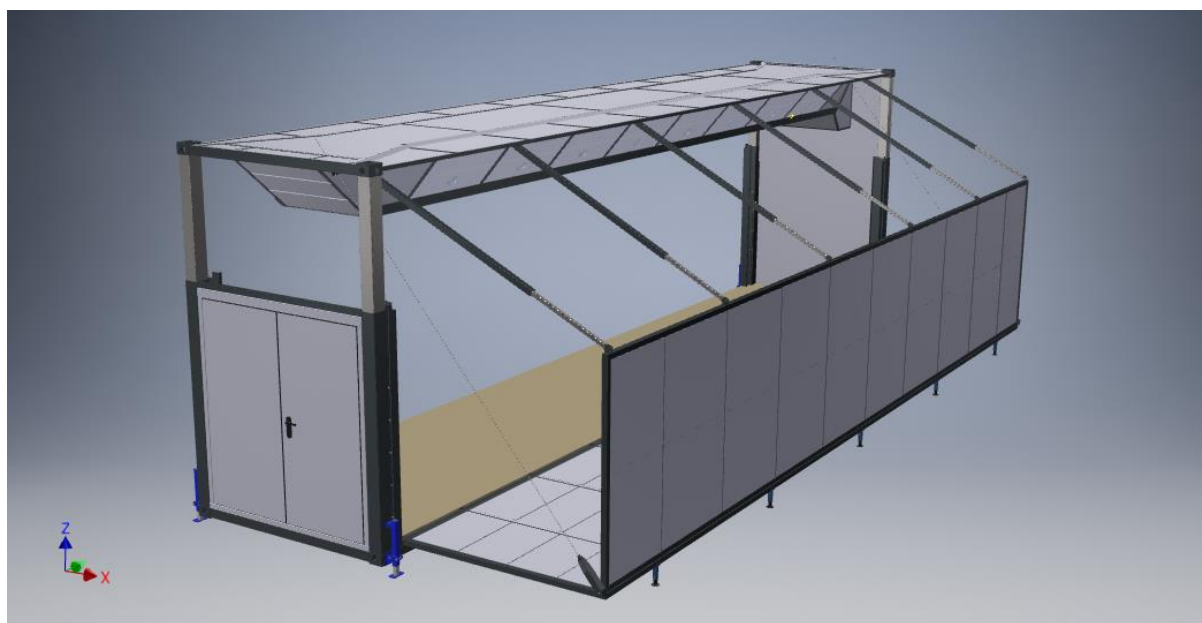


Seguidamente se procede a instalar el sistema de palanca desmontable y se conecta el tirante de acero. El extremo del tirante de acero consta de un garfio de seguridad para facilitar los cambios de unión.



*Figura 61 Expansión del contenedor. Fase 3. Fuente propia*

Se accionan los cabrestantes eléctricos generando un movimiento de rotación sobre la pared plegable.

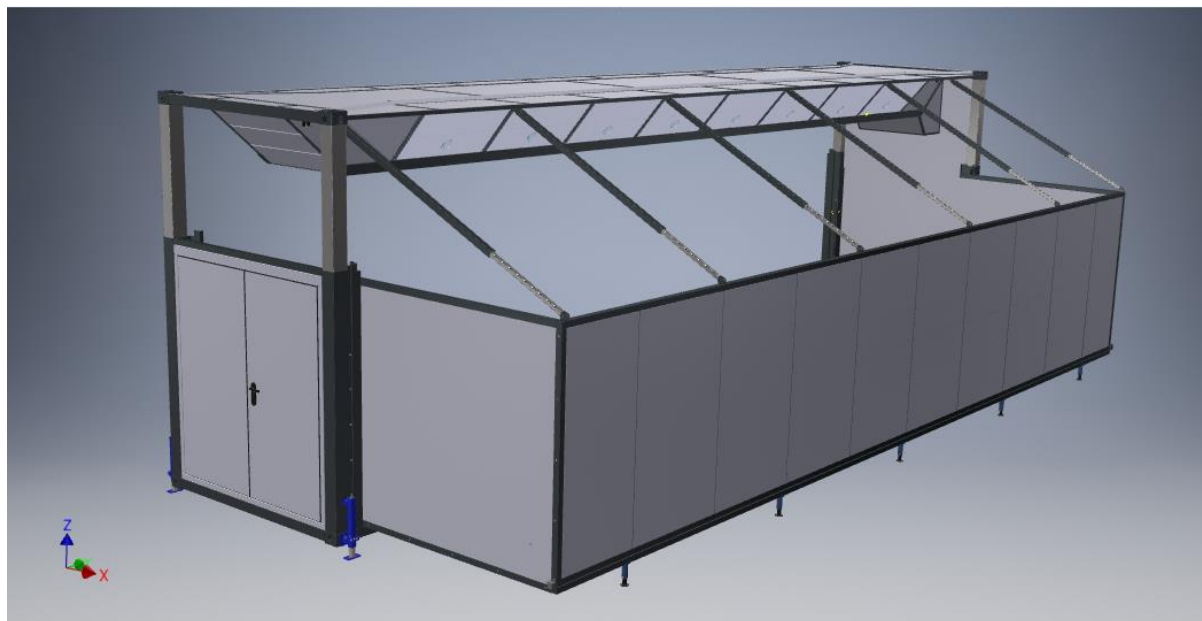


*Figura 62 Expansión del contenedor. Fase 4. Fuente propia*

En esta fase la pared plegable queda en posición. Se retira el sistema de palanca desmontable y se recoge el tirante metálico.

---

Posteriormente se instalan los paneles desmontables frontal y posterior mediante uniones atornilladas.



*Figura 63 Expansión del contenedor. Fase 5. Fuente propia*

Para finalizar el proceso, se instalará la lona que actuará como cubierta. El resultado final queda definido en la Figura 37.

La lona quedará fijada a la estructura mediante una serie de anclajes específicos para este tipo de componentes, tal y como se aprecia en la próxima figura.



*Figura 64. Anclajes para lonas. Fuente: arcoisa.es*

A su vez, la lona quedará fijada a los perfiles telescópicos que conforman el techo plegable del contenedor para prevenir desplazamientos excesivos (e incluso rotura) de la lona bajo cargas de viento de succión sobre la misma.



## 5.7. ELEMENTOS COMERCIALES

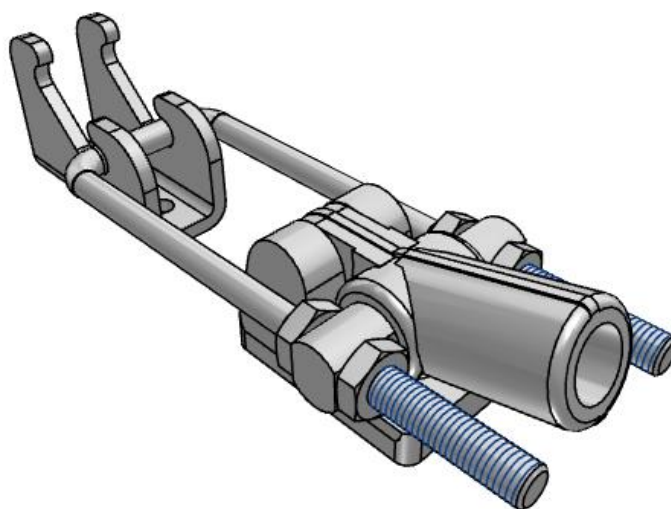
Se trata de una serie de productos proporcionados por varias empresas diferentes que cubren ciertas necesidades del proyecto.

### 5.7.1. Bridas de cierre

Se trata de una serie de elementos que permiten la fijación temporal entre el larguero lateral superior y los paneles laterales. De esta forma se evitan desplazamientos indeseados por parte del panel lateral. Inicialmente este solo queda en posición gracias a la acción de los cabrestantes eléctricos en ambos dos de sus extremos.

Dado que estas bridas quedan instaladas en una zona relativamente elevada, cada brida dispone de un orificio en su extremo inferior donde poder insertar un útil en forma de barra cilíndrica, de longitud variable. De esta forma, estas bridas podrán fijarse y soltarse fácilmente desde la posición del suelo.

En la próxima figura se pueden apreciar las bridas seleccionadas.



*Figura 65. Bridas de cierre regulables. Fuente: elesa-ganter.es*

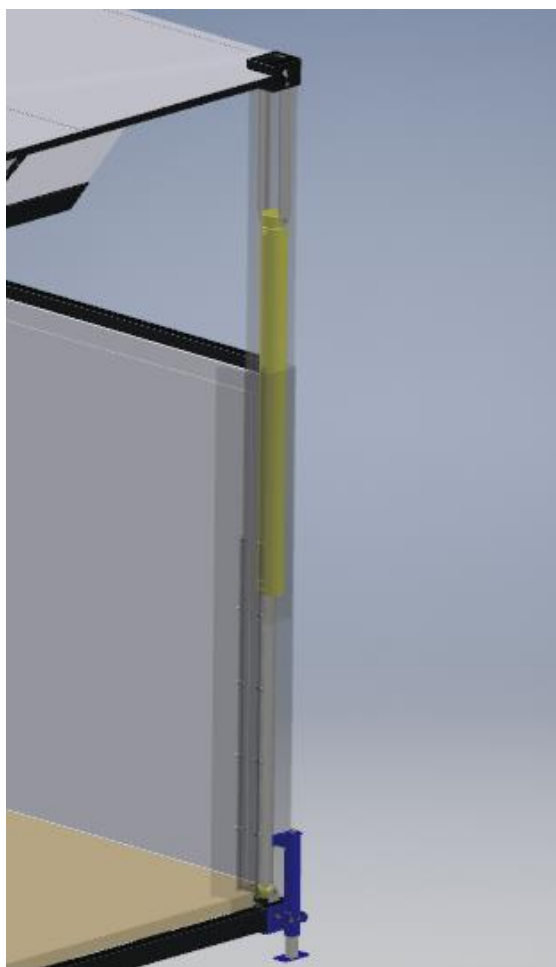
Estas bridas son capaces de soportar cargas mayores a 1 tonelada por unidad. Son soldables a la propia estructura del contenedor, aunque también vienen previstas de los correspondientes orificios para instalarlas mediante uniones atornilladas.

### 5.7.2. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico constará principalmente de una serie de cilindros hidráulicos y una bomba hidráulica. Ambos se escogerán mediante catálogo, asegurando que estos cumplan con las especificaciones deseadas para nuestro diseño.

Los cilindros hidráulicos necesitan de una carrera de 1244 mm para poder elevar la subestructura superior del contenedor lo deseado, por lo que se deberá de escoger un cilindro con una carrera de 1300 mm o superior y que conste de la capacidad de empuje suficiente para soportar el peso de la propia subestructura superior y sus componentes.

En la Figura 66 se puede apreciar un modelo 3D del cilindro hidráulico utilizado en este proyecto.



*Figura 66. Cilindro hidráulico en el interior del poste de esquina. Fuente propia*

Mediante el parámetro de la carrera se podrá seleccionar el cilindro utilizado. En este caso se seleccionará aquel con carrera de 1500mm para tener un cierto margen.

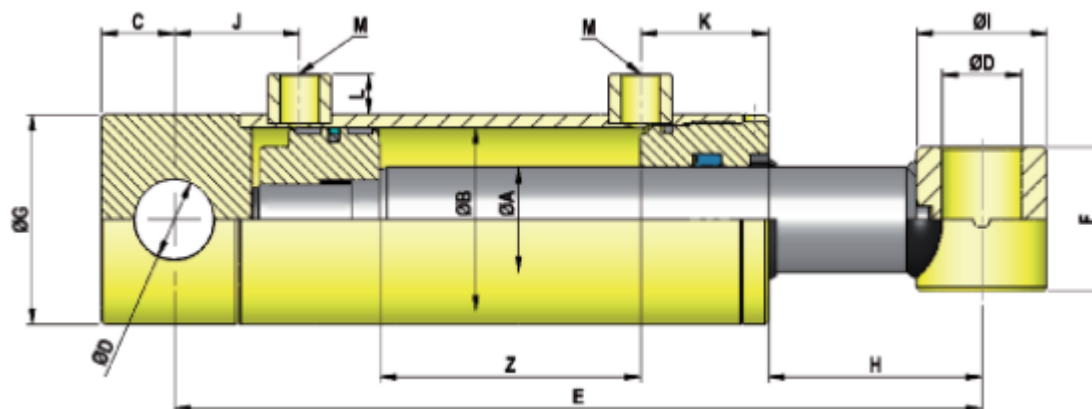


Figura 67. Dibujo esquemático del cilindro hidráulico. Fuente: cicrosa.com

Dentro de la tabla del fabricante se seleccionará el cilindro de referencia 706/1500. Es primordial seleccionar una dimensión exterior (G) del cilindro de la forma que este tenga espacio suficiente para poder introducirse en el interior de los pilares verticales esquineros.

Dentro de la siguiente tabla se podrá seleccionar el modelo adecuado para nuestro sistema de elevación hidráulico.

# Cilindros estándar de doble efecto [Serie 700]

Double acting standard cylinders [Series 700] / Vérins standard double effet [Série 700]

REF.	ø A	ø B	Z Carrera Stroke Course	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M BSP	Vol. (L)	Juntas Seals Joints	Peso (kg) Weight Poids
708/2	50	90	200	425	28	30,5	70	105	75	60	47	60	15	3/8	1,27	J5090N	19,31
708/3			300	525											1,90		22,65
708/4			400	625											2,55		25,98
708/5			500	725											3,18		29,32
708/6			600	825											3,82		32,65
708/7			700	925											4,45		35,99
706/100	50	100	100	325	28	30,5	70	115	75	60	48	60	17	1/2	0,79	J76N	18,4
706/200			200	425											1,57		21,8
706/3			300	525											2,36		25,6
706/4			400	625											3,14		28,5
706/5			500	725											3,93		31,4
706/600			600	825											4,71		35,9
706/7			700	925											5,50		37,2
706/800			800	1025											6,28		42,9
706/9			900	1125											7,07		43,0
706/1000			1000	1225											7,86		50,0
706/1100			1100	1325											8,64		53,6
706/1200			1200	1425											9,43		57,1
706/1300			1300	1525											10,21		60,6
706/1400			1400	1625											11,0		64,1
706/1500			1500	1725											11,78		67,7
707/400	70	120	400	670	40	40,5	80	140	75	80	65	80	17	1/2	4,52	J77N	54,6
707/5			500	770											5,65		60,0
707/600			600	870											6,78		67,0
707/700			700	970											7,91		73,2
707/800			800	1070											9,05		80,0
707/900			900	1170											10,18		84,4
707/10			1000	1270											11,31		90,0

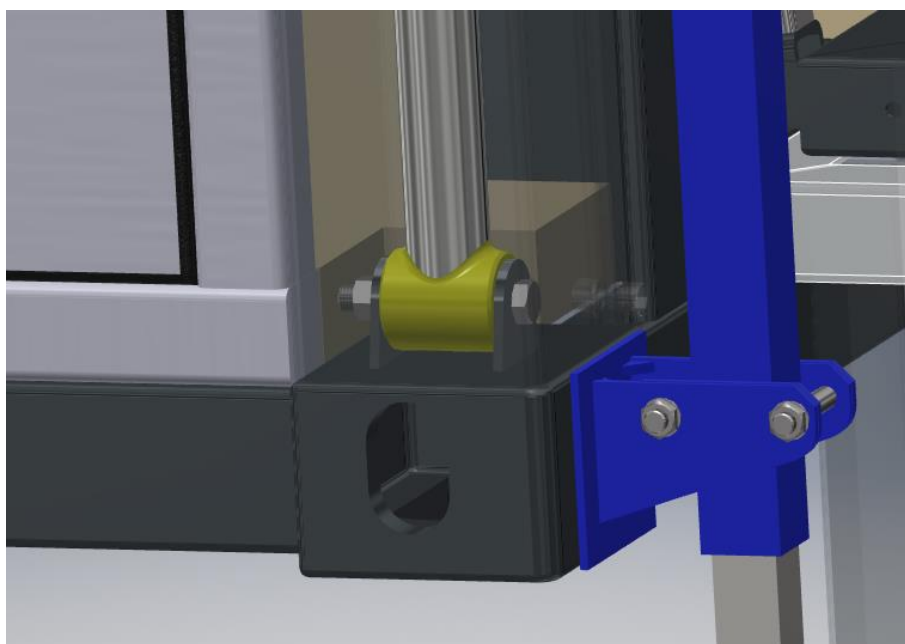
Figura 68. Tabla de selección de cilindros. Fuente: cicrosa.com

El cilindro escogido, 706/1500, consta de unas dimensiones suficientemente reducidas como para poder instalarse en el interior de los postes de esquina, de dimensiones mínimas interiores de 154x138 milímetros.

### **Orejetas de apoyo cilindros hidráulicos**

Son los elementos encargados de transmitir la carga desde los extremos de los cilindros hasta las esquinas del contenedor. Se encuentran soldadas mediante soldadura a tope con penetración completa, garantizando una unión de mayor resistencia que el propio material de las orejetas.

Constarán de una unión por perno para garantizar el desmontaje del cilindro en el caso que se requiera. Existe un único orificio de acceso para el desmontaje de la unión atornillada, se dispondrá en el extremo contrario al orificio de acceso de una tuerca soldada. De esta forma, el perno actúa de la misma manera que un tornillo.



*Figura 69. Montaje cilindros hidráulicos. Fuente propia*

El par de apriete requerido será el suficiente para garantizar que la unión no se suelte bajo cualquier circunstancia (vibraciones, etc), por lo que la tuerca será de freno y se podrá valorar la opción de emplear adhesivo fija tornillos.

### **Bomba y depósito hidráulico**

Para poder extender los cilindros, se dispondrá de dos bombas hidráulicas (cada bomba suministra a dos cilindros hidráulicos) para suministrar una cierta presión y caudal al fluido. Se seleccionará una bomba compacta con una capacidad de aportar hasta 207 bares de presión manométrica. Dado que se requiere una presión inferior a 30 bares para elevar la subestructura superior, la bomba será capaz de entregar un caudal de 14.4 litros por minuto.

Esto se traduce en que el tiempo de elevación del techo del contenedor será en torno a 1 minuto y medio. Se trata de dos bombas Parker de la serie 500.



*Figura 70. Bomba hidráulica compacta. Fuente: southernfp.com*

El depósito hidráulico es un elemento necesario para almacenar el fluido hidráulico restante que no está siendo bombeado. Debe de tener un cierto nivel de aceite incluso cuando todos los cilindros se encuentran extendidos al máximo y también tiene que disponer siempre de un hueco de aire que pueda absorber la expansión del aceite tras su calentamiento (función de vaso de expansión). Se dispondrá de dos depósitos hidráulicos, con una capacidad individual de 36 litros.



*Figura 71 depósito hidráulico. Fuente: ebay.es*

Se puede apreciar la instalación hidráulica modelada de forma completa en la siguiente figura.

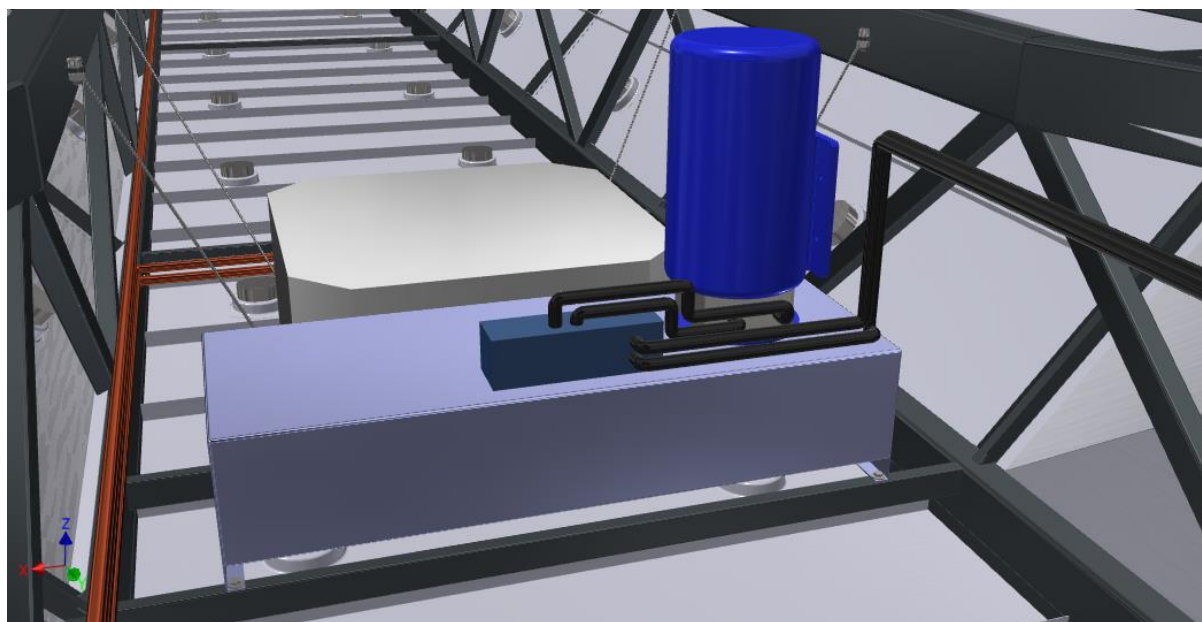


Figura 72. Modelado 3D de la instalación hidráulica. Fuente propia

### 5.7.3. Sistema eléctrico de despliegue de paneles laterales

El sistema eléctrico de despliegue de los laterales estará formado principalmente por una serie de cabrestantes eléctricos. Se instalarán dos por cada lateral, con un total de cuatro de ellos en un contenedor. Con una capacidad de tracción de 3000lb (1360Kg), dotado de un cable de acero de 4.8 mm de diámetro.

El cabrestante eléctrico escogido es el modelo ProWinch PWLD3000Ai24V.



Figura 73. Cabrestante eléctrico. Fuente: [prowinch.cl](http://prowinch.cl)

Este se fijará a la propia estructura del contenedor mediante una unión por perno. En la próxima figura se puede apreciar al elemento instalado correctamente.



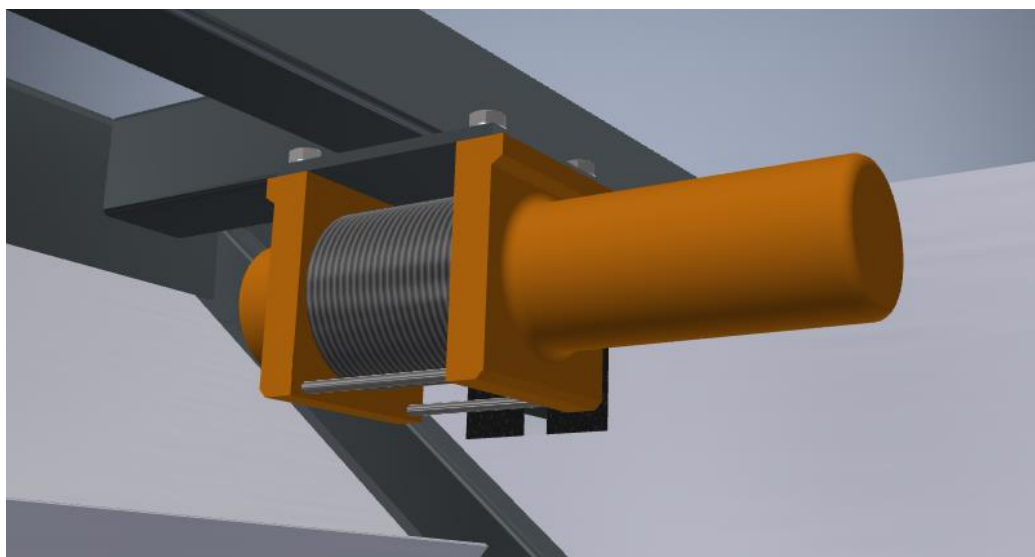


Figura 74. Modelado 3D del cabrestante eléctrico. Fuente propia

#### 5.7.4. Sistema de climatización

El sistema de climatización escogido trata de una bomba de calor reversible. Este sistema aprovecha la instalación típica de un aire acondicionado para ambos propósitos, calefacción y refrigeración. Esto se consigue básicamente a la posibilidad de funcionamiento del condensador como evaporador y viceversa mediante el cambio de sentido de circulación del refrigerante.

A continuación, se muestra un dibujo esquemático sobre el funcionamiento básico de una bomba de calor.

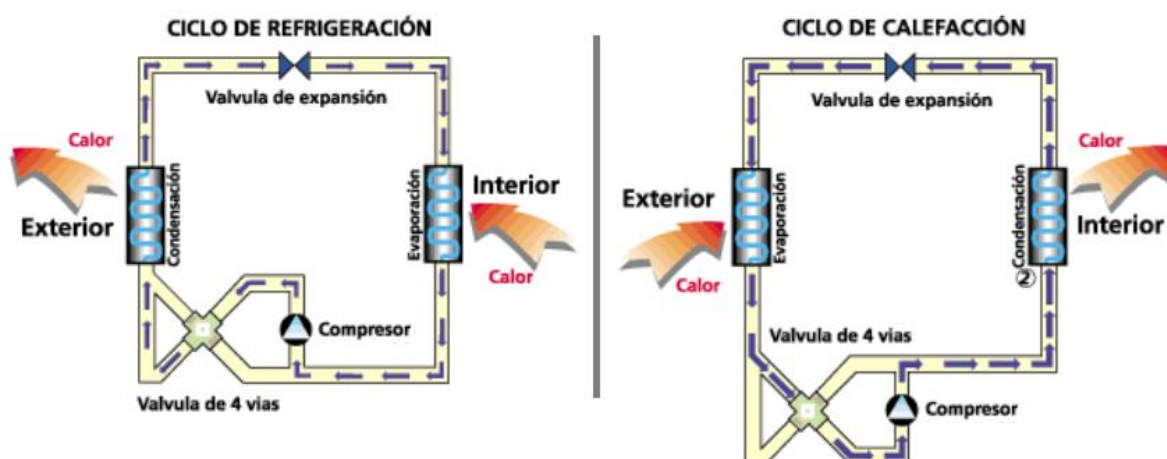


Figura 75. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor reversible. Fuente: [certificadosenergeticos.com](http://certificadosenergeticos.com)

La potencia necesaria para obtener una buena climatización en el interior de la estancia es aproximadamente de 10 kW. El modelo seleccionado finalmente es el RAM-110NP5E, una



unidad con una potencia máxima de refrigeración de 12.5 kW y una potencia máxima de calefacción de 12.7 kW.

Otra condición que debe de cumplir esta unidad son unas dimensiones reducidas. Al montarse esta en el interior de la celosía de la subestructura superior, existen ciertas limitaciones tanto como en altura como en anchura, siendo ésta última la más restrictiva dado que nos viene limitada por los propios cordones de la cercha (anchura máxima de 1016mm).

La unidad exterior de la siguiente figura cumple totalmente con todos los requisitos propuestos.



*Figura 76. Unidad exterior RAM-110NP5E. Fuente: hitachiaircon.es*

En la Figura 77 se pueden observar las especificaciones técnicas de la unidad exterior seleccionada.

	Ref.	RAM-33NP2E	RAM-40NP2E	RAM-53NP2E	RAM-53NP3E	RAM-68NP3E	RAM-70NP4E	RAM-90NP5E	RAM-110NP5E
Número de unidades conectables (mín.-máx.)		2			2/3		2/4	2/5	2/5
Capacidad de refrigeración (mín.-máx.)	kW	3,3 (1,50 - 3,80)	4,00 (1,50 - 4,20)	5,30 (1,50 - 6,60)		6,80 (2,40 - 8,00)	7,00 (2,40 - 8,80)	8,50 (1,52 - 9,50)	10,00 (1,50 - 12,50)
Capacidad de calefacción (mín.-máx.)	kW	4,00 (1,50 - 4,60)	5,20 (1,50 - 5,50)	6,80 (1,50 - 7,20)		8,50 (2,40 - 9,50)	8,50 (2,60 - 9,50)	10,0 (1,50 - 11,50)	12,00 (1,50 - 12,70)
Capacidad con carga plena a -7 °C <sup>(1)</sup>	kW	3,20	3,80	4,50	5,00	6,50		7,80	8,00
Consumo eléctrico nominal en refrigeración (mín.-máx.)	kW	0,73 (0,20 - 1,05)	0,95 (0,20 - 1,15)	1,26 (0,20 - 1,66)	1,29 (0,20 - 1,68)	1,83 (0,46 - 2,96)	1,89 (0,46 - 3,20)	2,50 (0,50 - 3,85)	3,096 (0,50 - 4,50)
Consumo eléctrico nominal en calefacción (mín.-máx.)	kW	0,90 (0,20 - 1,50)	1,18 (0,20 - 1,50)	1,61 (0,20 - 2,01)	1,61 (0,20 - 2,01)	2,12 (0,43 - 2,60)	2,02 (0,48 - 3,12)	2,56 (0,50 - 3,85)	3,158 (0,50 - 5,00)
EER/COP		4,50/4,40	4,20/4,40	4,20/4,20	4,10/4,20	3,70/4,00	3,70/4,20	3,40/3,90	3,23/3,8
SEER/SCOP (climatización media)		8,50/4,60				8,10/4,60		7,90/4,30	6,52/4,22
Clase energética estacional (refrigeración/calefacción)		A+++ / A++				A++ / A++			A++ / A+
Presión sonora de refrigeración	dB(A)	48	49	50			53		54
Presión sonora	dB(A)	47/60		50/61		50/63	57/63	57/66	68
Caudal de aire (refrigeración/calefacción)	m³/h	1620/1620		2160/2160		2700/2700		3900/3900	4000/4000
Medidas (Al x An x F)	mm	570 x 750 x 280		750 x 850 x 298		800 x 850 x 298		800 x 950 x 370	
Peso	kg	38	41	53	54	58		71	76
Alimentación eléctrica		220/230 V							
Corriente nominal de funcionamiento (refrigeración/calefacción)	A	(3.35-3.07/ 4.13-3.79)	(4.36-3.99/ 5.42-4.97)	(5.79-5.31/ 7.39-6.78)	(5.92-5.43/ 7.39-6.78)	(8.40-7.70/ 9.73-8.92)	(8.68-7.95/ 9.27-8.50)	(11.48-10.52/ 11.75-10.77)	(14.81-14.17/ 15.11-13.87)
Diámetro del cable (EN 60 335-1)	mm²	2,50 x 2+T							
Sección de cableado interior/exterior	mm²	1,50 x 3+T							
Diámetro de tubería (Liq./gas)	pulgadas	(1/4 x 2 / 3/8 x 2)			(1/4 x 3 / 3/8 x 3)		(1/4 x 4 / 3/8 x 3 + 1/2 x 1)	1/4 x 5 / (3/8 x 3) + (1/2 x 2)	
Carga de refrigerante inicial	kg	1,02		1,80	2,05			2,40	
Con precarga para	m	35			30			35	30
Longitud mínima	m	3							
Longitud máxima/refrigerante adicional	m/g/m	35 / -			60/20			75/15	75/13
Desnivel máximo	m	15		20					
Rango operativo de refrigeración	°C	-10 °C/ +46 °C							
Rango operativo de calefacción	°C	-15 °C/ +24 °C							
Refrigerante		R32							
Compresor		ROTATIVO	TWIN ROTARY						

Figura 77. Especificaciones técnicas de las unidades exteriores de la serie RAM. Fuente: hitachiaircon.es

Serán dos las unidades interiores instaladas en el contenedor para poder distribuir el caudal de aire de la forma más homogénea posible por toda la superficie interior. Se trata de dos unidades interiores de tipo “cassette” de medidas aproximadas de 600x600mm.



Figura 78. Cassette 600x600 RAI-50RPE. Fuente: hitachiaircon.es

Para la selección de las unidades interiores, se debe de cumplir que su potencia nominal no supere a la potencia nominal de la unidad exterior. Por tanto, dos unidades RAI-50RPE se ajustan perfectamente a la potencia proporcionada por la unidad exterior dado que la suma

de potencias nominales de las dos unidades interiores coincide con las potencias nominales de la exterior ( $2 \cdot 5 = 10\text{kW}$ ;  $2 \cdot 6 = 12\text{kW}$ ).

En la figura Figura 79 se muestra una tabla con las especificaciones técnicas del “cassette” seleccionado.

Unidades interiores	Unidad	RAI-25RPE	RAI-35RPE	RAI-50RPE	RAI-60RPE
Capacidad de refrigeración (mín.-máx.)	kW	2,50 (0,90 - 3,00)	3,50 (0,90 - 4,00)	5,00 (1,20 - 5,80)	6,00 (1,20 - 6,50)
Capacidad de calefacción (mín.-máx.)	kW	3,50 (0,90 - 5,00)	4,80 (0,90 - 6,60)	6,00 (1,20 - 6,80)	7,00 (1,20 - 8,00)
Presión sonora de refrigeración (muy baja - baja - media - alta) <sup>(2)</sup>		27/31/35/38	27/33/37/40	29/35/39/43	
Presión sonora de calefacción (muy baja - baja - media - alta) <sup>(2)</sup>		28/32/36/39	28/34/38/41	30/36/40/44	
Presión sonora	dB(A)	54	56	56	
Caudal de aire de refrigeración (muy bajo - bajo - medio - alto) <sup>(2)</sup>	m³/h	360/505/590/660		390/540/630/720	
Deshumidificación	l/h	1,4	1,8	2,8	3,8
Medidas (Al x An x F)	mm	285 x 570 x 570			
Dimensiones del panel (Al x An x F)	mm	30 x 620 x 620			
Diámetro de tubería de condensados (externo)	mm	32			
Bomba de condensados		sí			
Diámetro de tubería (Líqu./gas)	Pulgadas	1/4 - 3/8		1/4 - 1/2	1/4 - 1/2
Peso de la caja	kg	17			
Peso del panel	kg	2,8			
Referencia del panel		P-APS6NAMS			
Alimentación eléctrica	V	220-230V			
Diámetro del cable (EN 60 335-1)	mm²	1,5 x 3+T			
Mando (no incluido)		SPX-RCKA3/SPX-RCDB/SPX-WKT3			
Precio unidad interior (panel incluido)	€	1.127 €	1.197 €	1.257 €	1.327 €

<sup>(2)</sup> Las mediciones de presión sonora se tomaron a 1 metro de la unidad en campo libre (consulta el catálogo técnico).

Figura 79. Especificaciones técnicas de las unidades interiores de la serie RAI. Fuente: hitachiaircon.es

Cabe destacar que la unidad exterior expulsa el aire caliente (bajo el ciclo de refrigeración) o frío (bajo el ciclo de calentamiento) a través de una rejilla situada en la zona frontal del contenedor, tal y como se aprecia en la próxima figura.

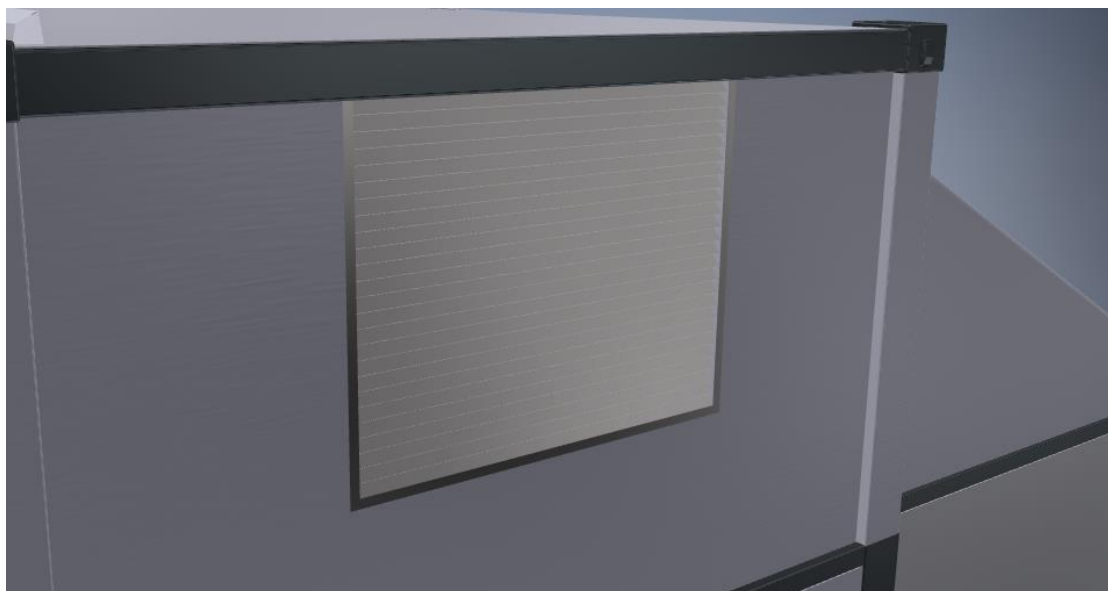


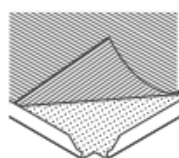
Figura 80. Rejilla de ventilación. Fuente propia

### 5.7.5. Falso techo

El falso techo que recubre la estructura en celosía del contenedor está formado principalmente por una serie de perfiles en “L” sobre los que descansan una serie de placas metálicas. Estas constan de un recubrimiento de un velo acústico capaz de aislar posibles ruidos derivados de los sistemas de climatización del contenedor.



Figura 81. Placa lisa de falso techo. Fuente: thu.es



#### Velo acústico

Velo acústico de 0,2 mm de espesor que además evita la deposición de polvo y suciedad. Se fija por activación térmica a la cara interior.

Figura 82. Velo acústico. Fuente: thu.es

En la siguiente tabla se pueden observar diferentes medidas respecto a las placas a seleccionar. Se escogerán las placas perforadas de 300x1200 mm dado que estas son las más adecuadas para cubrir las dimensiones de la celosía.

MODELO	PLACA	CAJA	
	mm	m <sup>2</sup>	uds.
Prelacada lisa	300 x 1200	3,6	10
	600 x 600	3,6	10
	600 x 1200	5,76	8
Prelacada perforada	300 x 1200	3,6	10
	600 x 600	3,6	10
	600 x 1200	5,76	8

Figura 83. Dimensiones para placas de falso techo. Fuente: thu.es

### 5.7.6. Sistema de iluminación

Respecto a la iluminación interior, el contenedor estará dotado de una serie de focos led empotrados sobre el falso techo de la estructura. Su elección se basa en la simplicidad de montaje (no requiere de elementos de unión) y la capacidad de control inalámbrica vía Wifi. Consta de un control de intensidad de iluminación, de la temperatura del color de esta y una gama RGB para poder modificar por completo el color de la luz emitida. Además de ello, es posible modificar el ángulo del foco para un mayor ajuste del haz de luz.

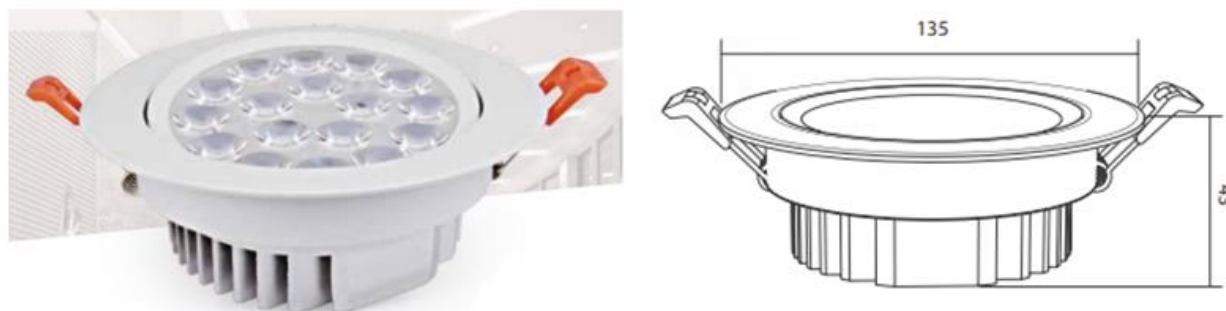


Figura 84. Foco LED empotrado. Fuente: ledbox.es

Se instalarán a lo largo de la totalidad del falso techo existente en el contenedor. De esta forma se garantiza la iluminación de toda la sala sin necesidad de introducir puntos de iluminación en los laterales móviles del contenedor y por ende extender la instalación eléctrica hacia zonas innecesarias.

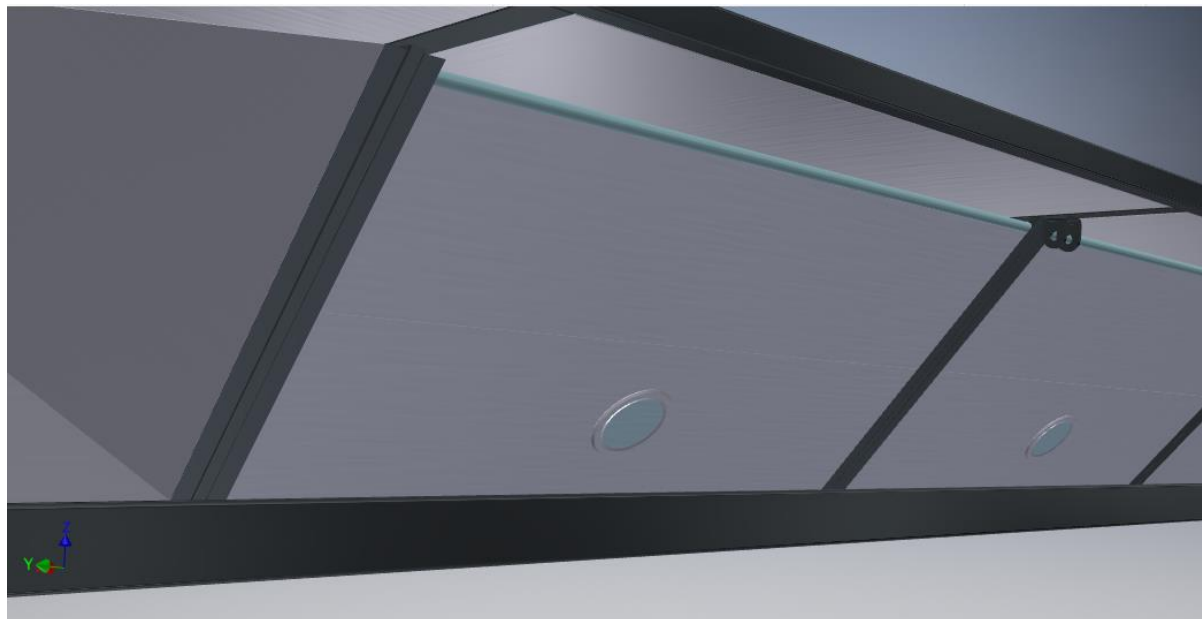
Adicionalmente se instalarán una serie de tubos led de silicona en las zonas de mayor altura interior del contenedor. De esta forma se logrará una mayor variedad de estilos de iluminación para cualquier uso.

En la siguiente figura se pueden apreciar los tubos de silicona led utilizados.



Figura 85. Tubo led de silicona. Fuente: ledbox.es

En la se observa el sistema de iluminación instalado sobre uno de los laterales de la subestructura superior (en color azulado), los focos se sitúan en las bandejas metálicas y los tubos LED en la zona de esquina.



*Figura 86. Sistema de iluminación instalado en la subestructura superior. Fuente propia*

### **5.7.7. Puertas de entrada**

Las puertas de entrada del contenedor deberán de ser lo más amplias posibles para favorecer la entrada tanto de personas como de una posible carga. Se escogerá la siguiente puerta de dos hojas.



*Figura 87. Puerta de dos hojas. Fuente: diaterm.com*

Las puertas que más se ajusta al del hueco disponible son las puertas altas de 1932x2110mm (ancho x alto) de paso libre y de 2000x2150mm de hueco necesario para su instalación.

TABLA DE MEDIDAS				
HOJAS/COMPOSICIÓN	MEDIDAS DE HUECO	MEDIDAS DE PASO LIBRE	MEDIDAS DE HUECO	MEDIDAS DE PASO LIBRE
800+400**	1200x2070	1135x2030	1200x2150*	1135x2110
700+700	1400x2070	1332x2030	1400x2150*	1332x2110
800+800	1600x2070	1532x2030	1600x2150*	1532x2110
900+900	1800x2070	1732x2030	1800x2150*	1732x2110
1000+1000	2000x2070	1932x2030	2000x2150*	1932x2110
		PUERTA NORMAL	PUERTA ALTA	

Figura 88. Tabla de selección de medidas. Puertas de dos hojas. Fuente: diaterm.com

### 5.7.8. Rampa de entrada

Dado que el contenedor estará elevado sobre la cota del suelo, existiendo un escalón de una altura entre 112 y 200 mm (véase el apartado 5.3) en la zona de entrada. Por esta razón será necesaria la instalación de una rampa de entrada para facilitar la entrada de cualquier persona al interior de la estancia.

En la siguiente figura puede observarse el modelo escogido para esta aplicación en concreto.



Figura 89. Rampa de entrada. Fuente: rampasportatiles.com

Es posible escoger una anchura de rampa personalizada, por lo que es ideal para lograr un ajuste óptimo a la apertura de las puertas seleccionadas.

5.7.9. Cajas de suelo

Se trata de elementos situados a lo largo del suelo del contenedor con el fin de proporcionar una serie de conexiones eléctricas disponibles para su uso.

Su acabado será totalmente a ras de suelo para que interfieran lo mínimo posible en cualquier caso.



Figura 90. Cajas de suelo. Fuente: legrand.es

Los enchufes quedan ocultos bajo el suelo, sobresaliendo simplemente los cables eléctricos.

En la siguiente figura se pueden ver las medidas de las cajas de suelo seleccionadas.

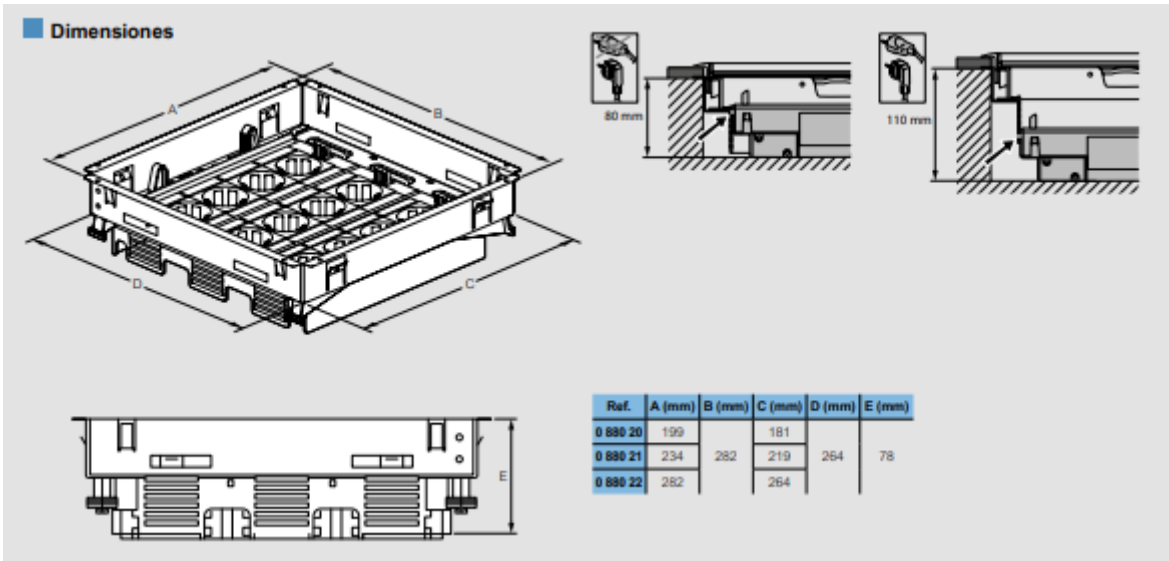


Figura 91. Medidas cajas de suelo. Fuente: legrand.es



# **ANEXO A. CÁLCULOS**

## **1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL. ESTRUCTURA PRINCIPAL**

El análisis estructural se realizará mediante herramientas computacionales de elementos finitos. Dentro del programa se procederá a definir la geometría deseada, se le aplica una malla formada por nodos y elementos. Seguidamente se introducen las cargas y las restricciones de movimiento.

Por último, se definirán los materiales y las propiedades de los elementos. Las propiedades quedan definidas principalmente por el tipo de objetos que tenemos. Podemos tener objetos 3D, 2D y 1D. En los bidimensionales se tendrá que definir el espesor y en los unidimensionales la sección del elemento.

Se modificarán toda esta clase de parámetros hasta conseguir un estado tensional y de deformadas adecuado. Para que el modelo sea válido y con la mayor precisión posible este se deberá de ajustar lo máximo posible a la realidad.

### **1.1. SUBESTRUCTURA SUPERIOR**

La subestructura superior debe de ser lo suficientemente rígida para, debido a su propio peso más el de los elementos acoplados a ella, sufrir unas flechas máximas en su centro de luz de 5 milímetros. Con esto se asegura un sellado lo más uniforme posible con los laterales del contenedor (sellos de espesor de 10mm) además de aportar una sensación de calidad y seguridad tanto al cliente como a cualquier persona que se adentre al interior de la estancia.

Dentro del programa de elementos finitos, el modelo se ha realizado mediante elementos 1D que simulan cada uno de los perfiles que forman parte de la estructura.

El material utilizado en los perfiles que conforman la estructura principal es acero estructural S275JR, cuyo límite elástico es de 275MPa. Dado que es un acero, cuenta con un módulo de elasticidad de 210000MPa y un coeficiente de poisson de 0.3.

El siguiente modelo, apreciado en la Figura 92, es fruto de sucesivas simulaciones donde el objetivo es su optimización (mediante cambios en la geometría y tamaño de los perfiles) para lograr la mínima flecha posible utilizando el mínimo de material.

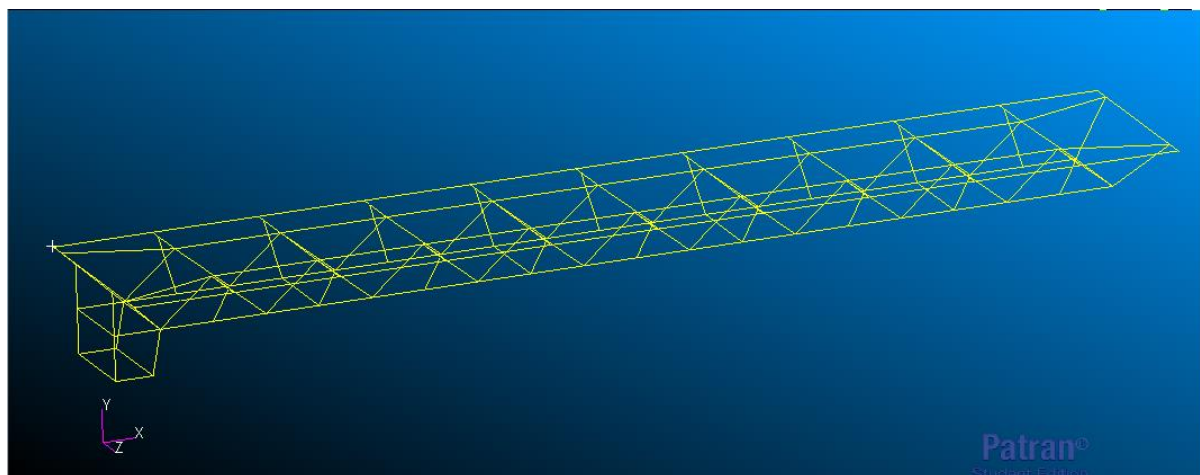


Figura 92. Modelo de la subestructura superior mediante elementos 1D. Fuente propia

El mallado del modelo se realizará con una distancia entre nodos de 100mm, logrando una resolución adecuada sin agrandar demasiado los tiempos de computación en el posterior análisis.

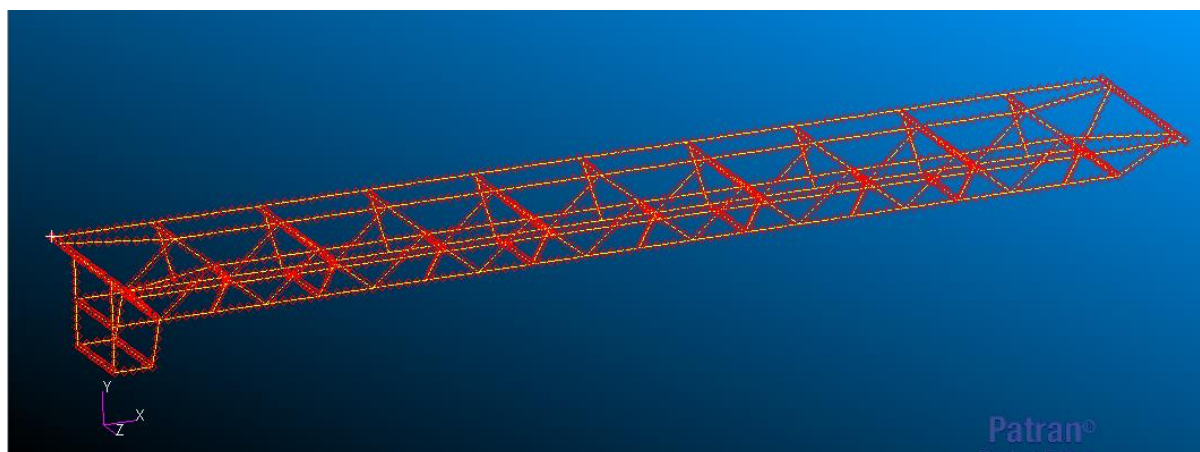


Figura 93. Mallado del modelo. Fuente propia

Una vez mallado el modelo se podrá aplicar una vista tridimensional a los perfiles que forman la estructura ya calculados con anterioridad (introducidos en sus propiedades).

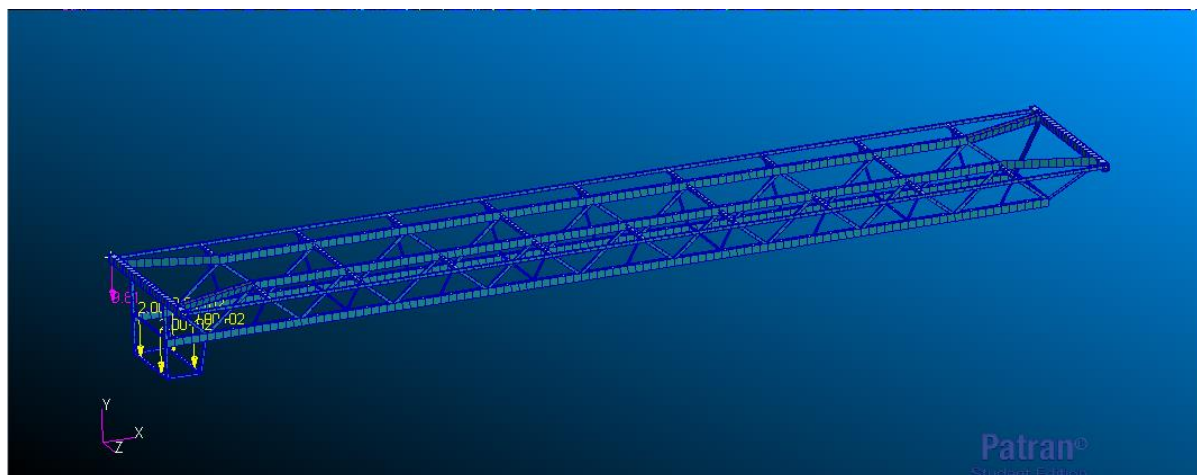


Figura 94. Vista tridimensional del modelo. Fuente propia

Las restricciones de desplazamientos se aplican en las cuatro esquinas de la subestructura. Las restricciones de desplazamiento se aplican de tal forma en la que se logran evitar los movimientos de sólido rígido permitiendo todas las posibles deformaciones.

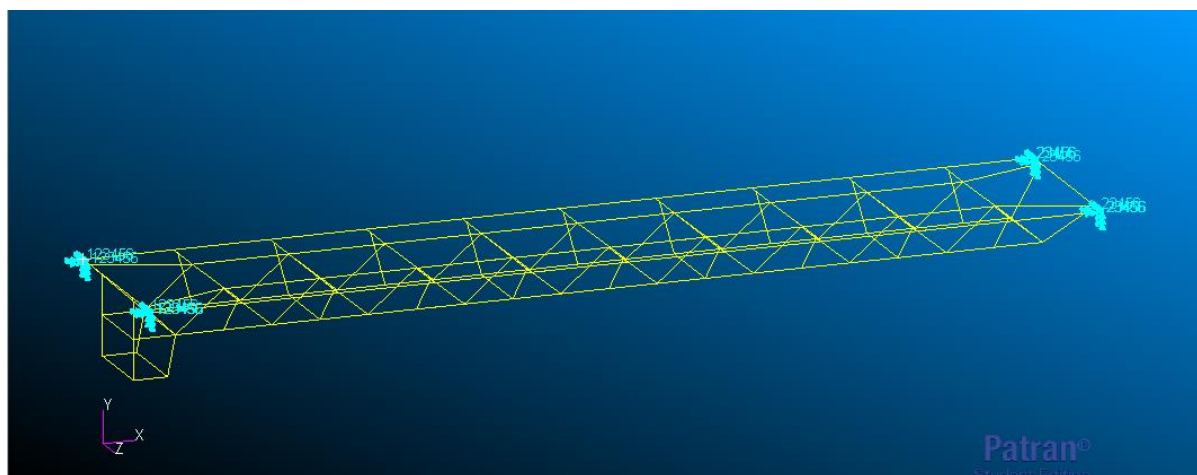


Figura 95. Restricciones de desplazamiento del modelo. Fuente propia

Tras aplicar las restricciones de desplazamiento, se aplicarán las fuerzas que experimentará la estructura (peso propio de los perfiles más los elementos anclados a ella).

Se aplica la carga correspondiente a los elementos de climatización además de una carga de 880Kg distribuida a lo largo de la estructura que simula todos los demás elementos fijados a ella. En total la estructura queda cargada con 1010Kg.

El peso propio del acero queda definido al introducir la densidad del material y la aceleración de la gravedad de  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

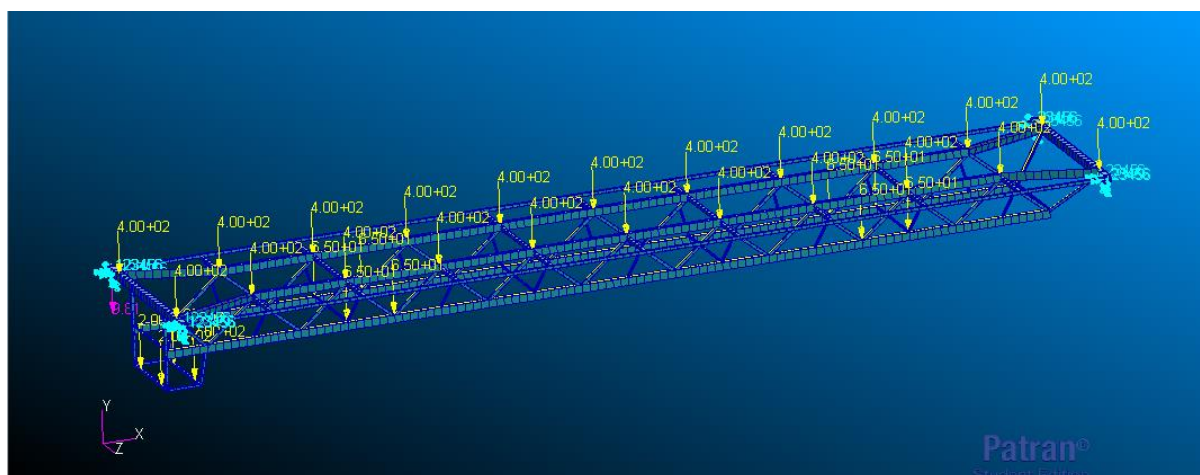


Figura 96. Cargas y restricciones de desplazamiento aplicadas. Fuente propia

Una vez todos los datos introducidos son procesados por el solver, se obtienen los siguientes resultados para los diferentes casos de carga introducidos.

Debido al peso propio del acero que forma parte de la estructura, esta tendrá la siguiente flecha máxima.

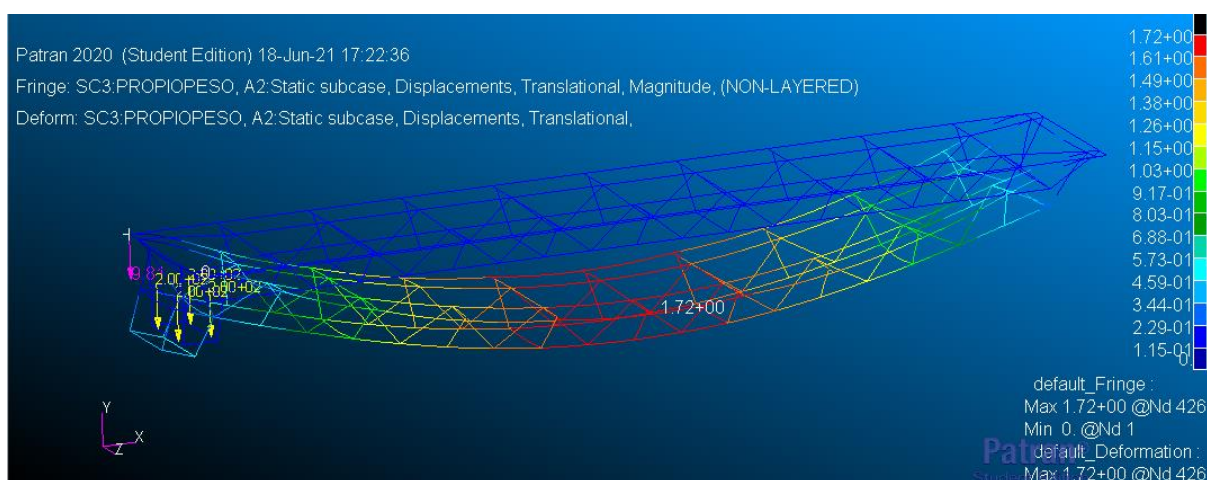


Figura 97. Desplazamientos bajo propio peso. Fuente propia

La flecha máxima en el centro de luz resulta ser de 1.72 milímetros.

Una vez aplicadas las demás cargas obtenemos los siguientes resultados.



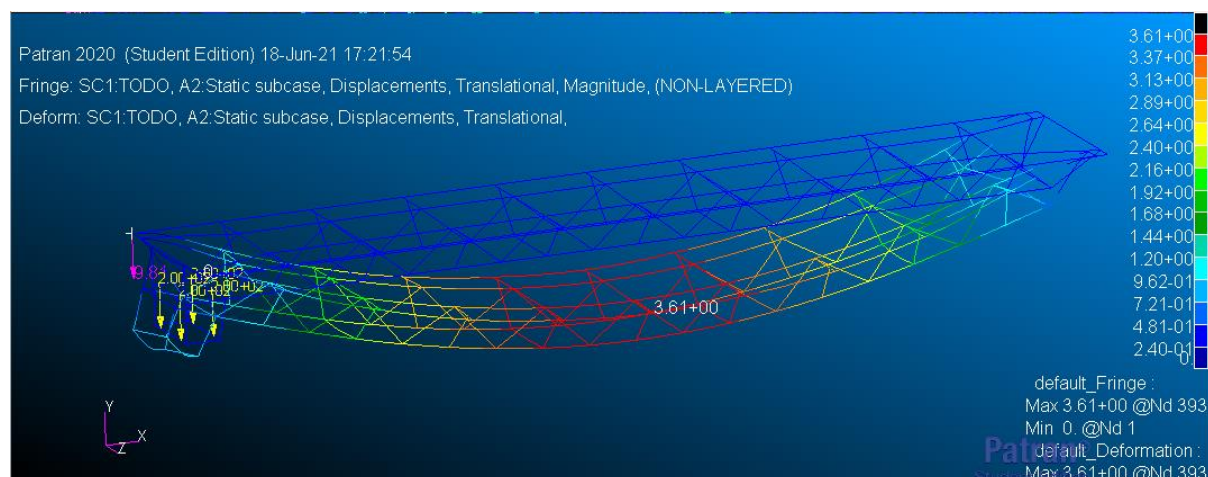


Figura 98. Desplazamientos tras aplicar todas las cargas. Fuente propia

Se obtiene una flecha máxima de 3.61 milímetros.

Las tensiones de máximas combinadas de flexión y axil son las siguientes.

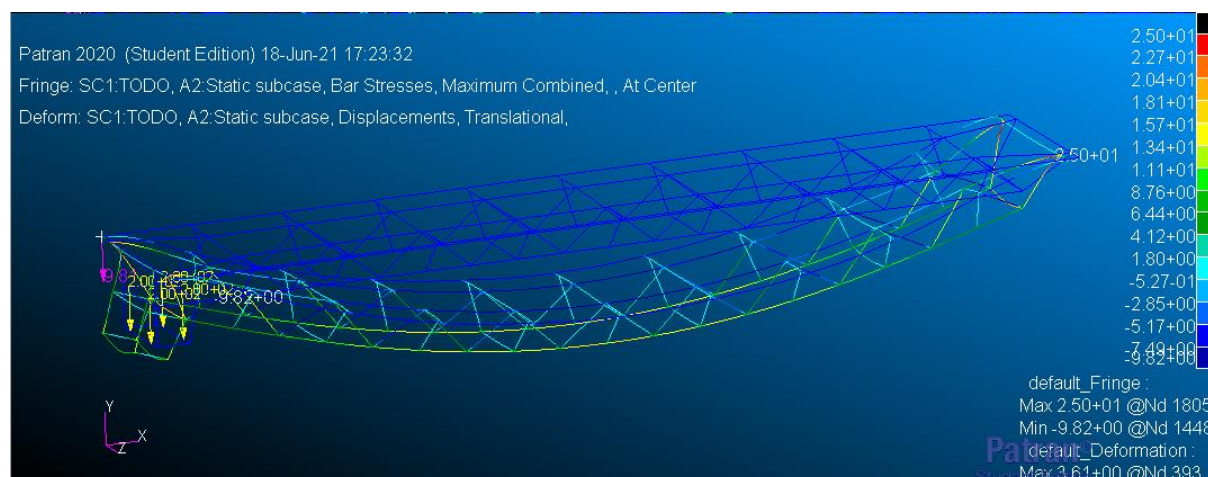


Figura 99. Tensiones máximas combinadas. Fuente propia

Las tensiones máximas experimentadas son de 25MPa, un valor considerablemente inferior al de su límite elástico.

Para asegurarnos de que la estimación de la carga aplicada sobre la estructura es completamente fiable se decide aumentar la carga distribuida para obtener un resultado conservador, pasando de una carga aplicada total de 1010Kg a una carga de 1450Kg (más de un 40% mayor).

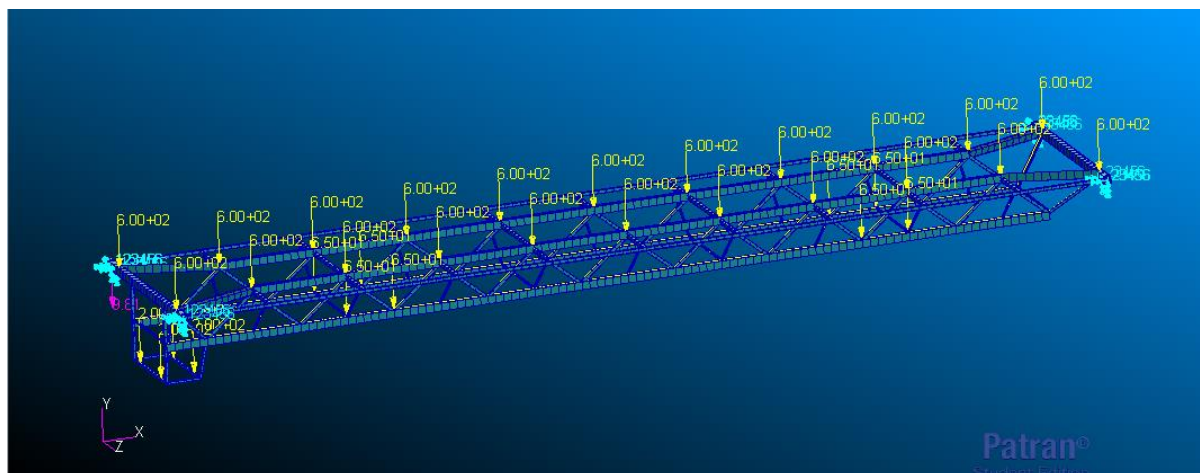


Figura 100. Carga aumentada a 1450Kg. Fuente propia

Los resultados obtenidos son los siguientes.

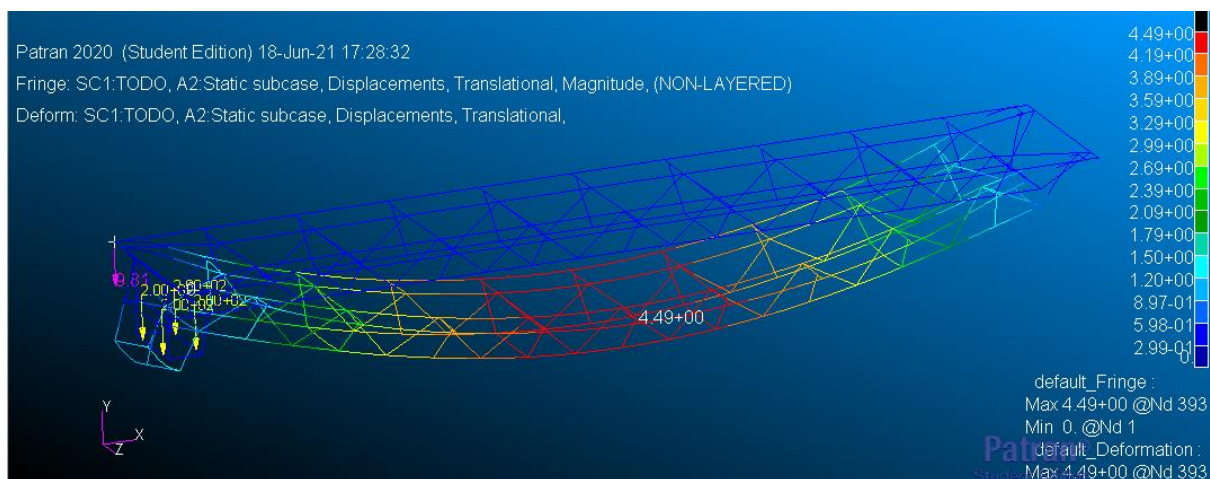


Figura 101. Desplazamientos tras aplicar todas las cargas. Fuente propia

El desplazamiento máximo asciende hasta los 4.49 milímetros en el centro de luz, un valor todavía por debajo del límite establecido de 5mm.

En cuanto a tensiones se obtienen los siguientes resultados.

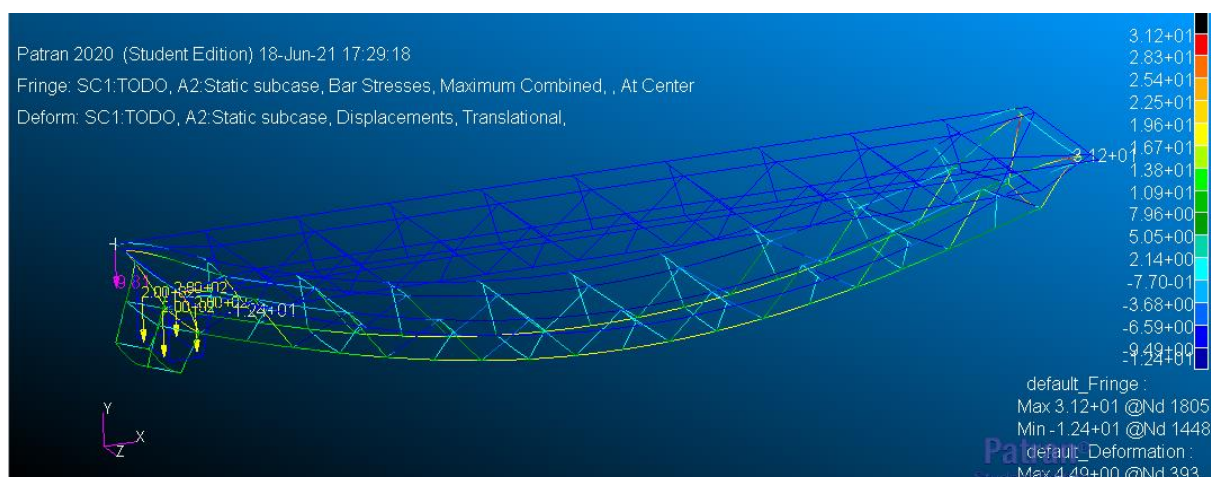


Figura 102. Tensiones máximas combinadas. Fuente propia

La tensión máxima asciende hasta los 31.2MPa, un valor que continúa siendo ínfimo respecto al límite elástico de 275MPa del material.

## 1.2. ESTRUCTURA PRINCIPAL. SUBESTRUCTURA DE BASE

Con la subestructura inferior se procederá de una forma similar al análisis anterior con la diferencia de que en este caso se hará un cálculo centrado tanto en las deformaciones como en las tensiones máximas.

El modelo queda definido por la estructura principal en conjunto, sin embargo, en este apartado se analizará solamente la estructura de base del modelo, analizándose como conjunto más adelante.

En la siguiente figura se puede apreciar el modelo utilizado mediante elementos unidimensionales y bidimensionales. Los elementos bidimensionales se aplican para los cuatro postes de esquina y las ocho esquineras.



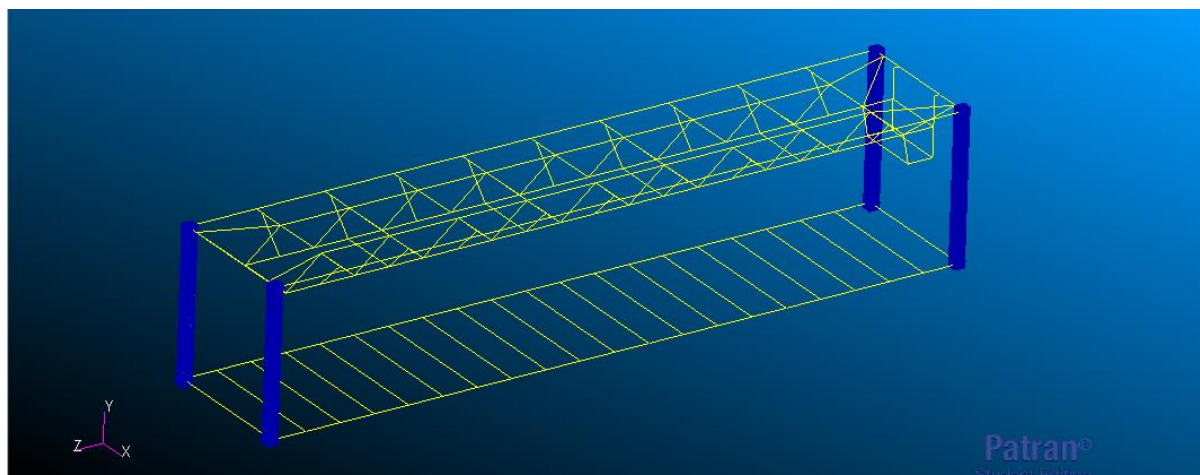


Figura 103. Modelo de la subestructura superior mediante elementos 1D y 2D. Fuente propia

El mallado de los elementos 1D se realiza de la misma forma que el anterior, con una distancia entre nodos de 100mm. Esto se debe a que ambas subestructuras constan de unas dimensiones semejantes. En la siguiente imagen se aprecian los nodos dentro de la geometría del modelo.

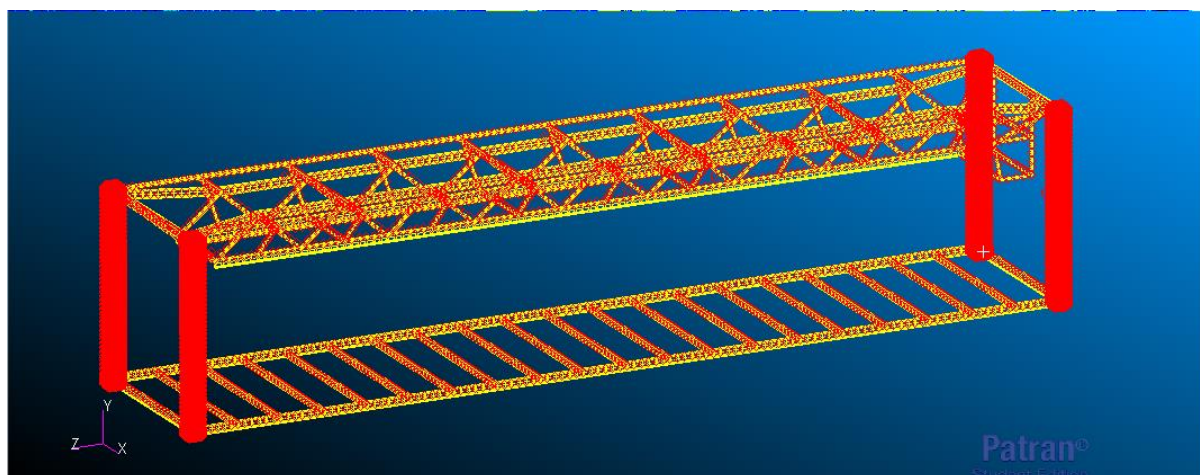


Figura 104. Mallado del modelo. Fuente propia

La representación del modelo mediante una vista en tres dimensiones es la siguiente.

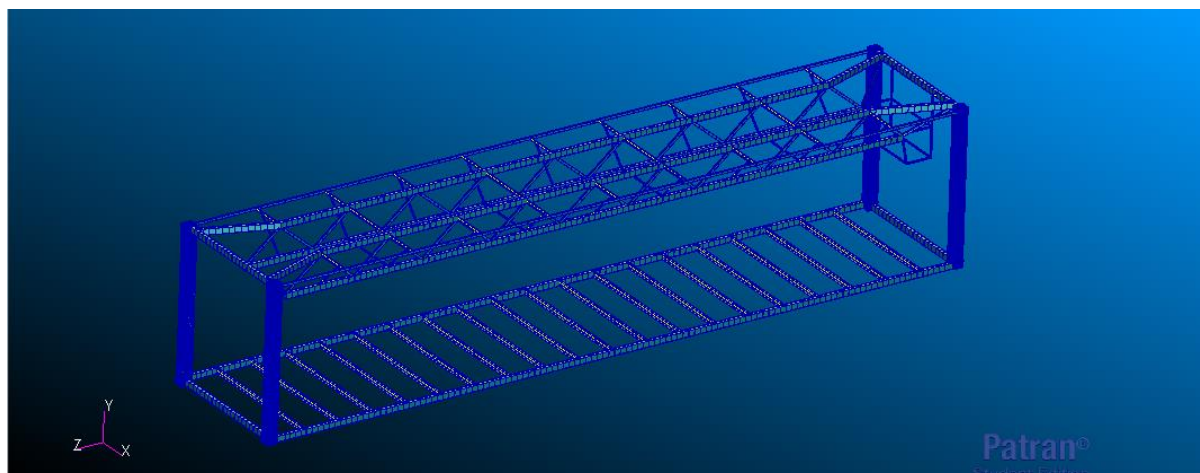


Figura 105. Vista tridimensional de los elementos que conforman el modelo. Fuente propia

El mallado aplicado a la geometría 2D se de tal forma en que este es más fino a medida que se introduce en la geometría de las esquineras. Es necesario un mallado más fino en esa zona para analizar de una forma más precisa las tensiones en los orificios de las esquineras, sobre todo atendiendo al caso donde el contenedor se encuentre izado sobre las cantoneras superiores (ver apartado 1.4).

En la siguiente figura se puede apreciar el mallado aplicado a los postes de esquina y cantoneras.

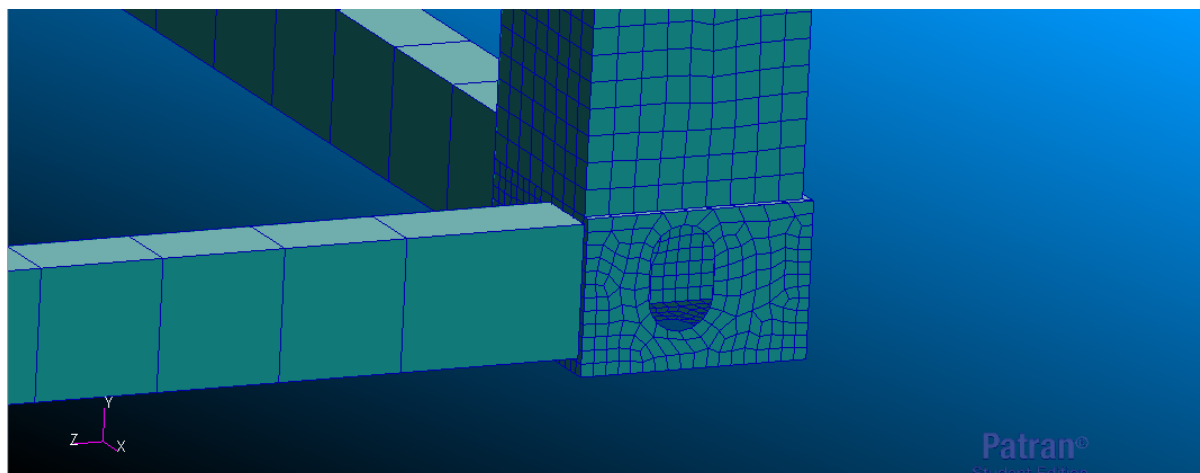


Figura 106. Mallado 2D del modelo. Fuente propia

Las cargas se distribuyen de forma aleatoria en cada elemento transversal de la subestructura simulando una presencia excesiva de personas en su interior.

Suponiendo que una persona ocupa un espacio equivalente a una circunferencia de 0.5 metros de diámetro, se estima que 96 personas pueden acceder al interior de un área de 12x2.5 metros cuadrados. Asignando un peso medio de 80Kg a cada persona, se obtiene una

carga total de 7680Kg repartido sobre los elementos transversales de la subestructura inferior. Dado que esta es una estimación que se encuentra muy del lado de la seguridad, se incluye el peso del propio suelo de madera dentro de este valor de carga.

El contenedor una vez expandido triplica prácticamente su área interior, por lo que se estaría estimando el cálculo para un total de 288 personas su interior.

Se trata de una estimación muy del lado de la seguridad dado que el aforo máximo dentro de la estancia una vez el contenedor está expandido es considerablemente menor (**90 personas**).

A toda esa carga se le suma aquella proporcionada por las bisagras inferiores, que unen los largueros laterales inferiores a los dos suelos laterales plegables. Esta carga se debe principalmente a la debida a las otras 192 personas repartidas entre los dos suelos laterales plegables.

En la se aprecian las fuerzas aplicadas sobre la estructura.

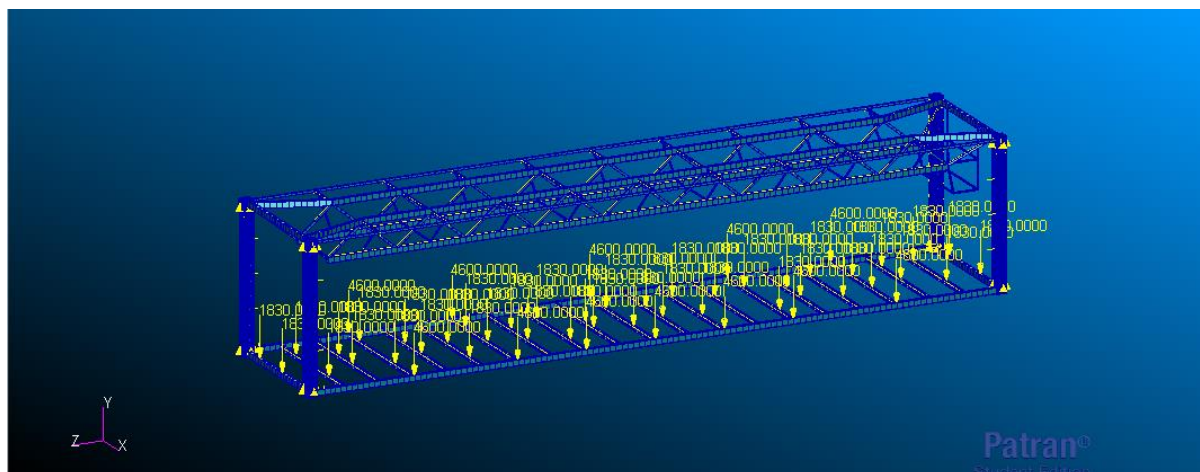


Figura 107. Cargas aplicadas a la subestructura inferior. Fuente propia

Los resultados obtenidos tras el análisis son los siguientes.

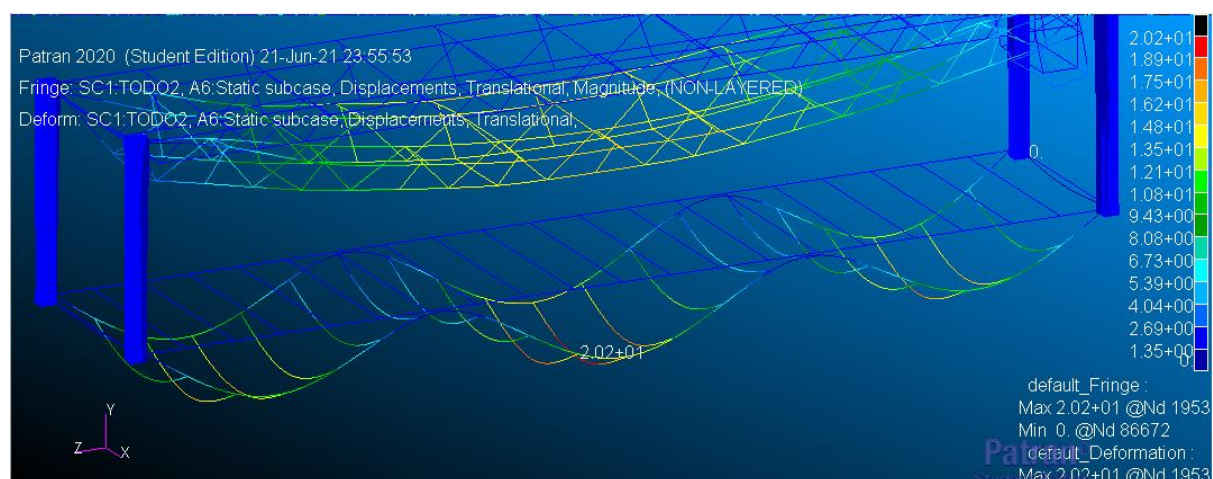


Figura 108. Deformada de la subestructura inferior. Fuente propia

En cuanto a deformaciones, la flecha máxima obtenida alcanza los 20 milímetros, un valor de mayor magnitud al de la subestructura superior, aunque hay que tener en cuenta que la subestructura inferior debe de soportar unas cargas mayores y son de un carácter más conservador.

Analizando las tensiones de Von Mises dentro de la Figura 109, se pueden observar una serie de concentraciones de tensiones en los puntos de unión de los elementos unidimensionales con los bidimensionales. Esto se debe a que el programa no tiene en cuenta toda la superficie de la sección de la viga unida a la hora del cálculo tensional. Ese nivel tensional tan elevado en aquel punto tan específico deriva en un exceso de deformación ( $\sigma = E \cdot \varepsilon$ ) localizado, siendo este un efecto que se encuentra del lado de la seguridad.

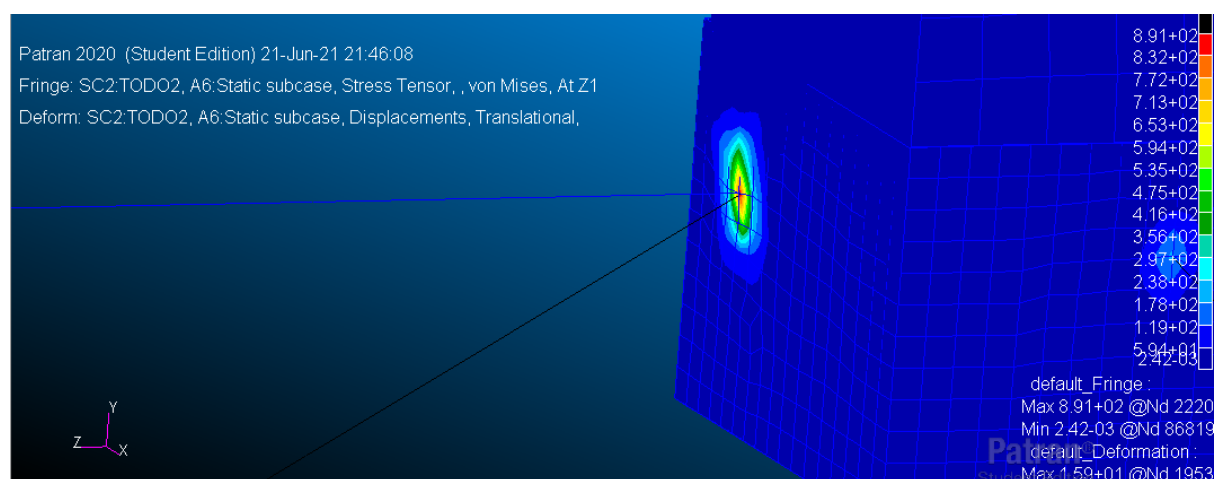


Figura 109. Concentración de tensiones en los elementos 2D. Fuente propia

Las tensiones combinadas máximas experimentadas son las siguientes.



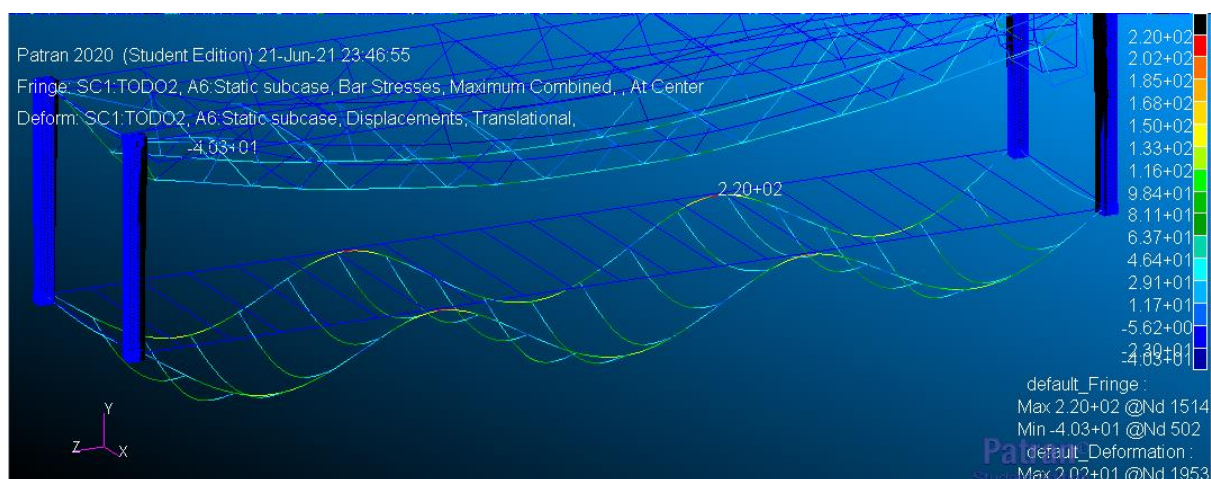


Figura 110. Tensiones máximas combinadas. Fuente propia

Como se puede observar, las tensiones máximas se encuentran en los largueros laterales inferiores, siendo estas de 220 MPa. Estas tensiones se acercan al límite elástico de 275MPa, dejando un coeficiente de seguridad de 1,25. Es un coeficiente de seguridad reducido, sin embargo, se decide no aumentar la calidad del acero debido principalmente a que la carga introducida en el modelo ya es muy conservadora de por sí. De este modo se tiene una gran confianza en los resultados obtenidos, permitiendo tener un coeficiente de seguridad más ajustado.

La tensión máxima experimentada en los elementos transversales se puede apreciar en la siguiente figura.

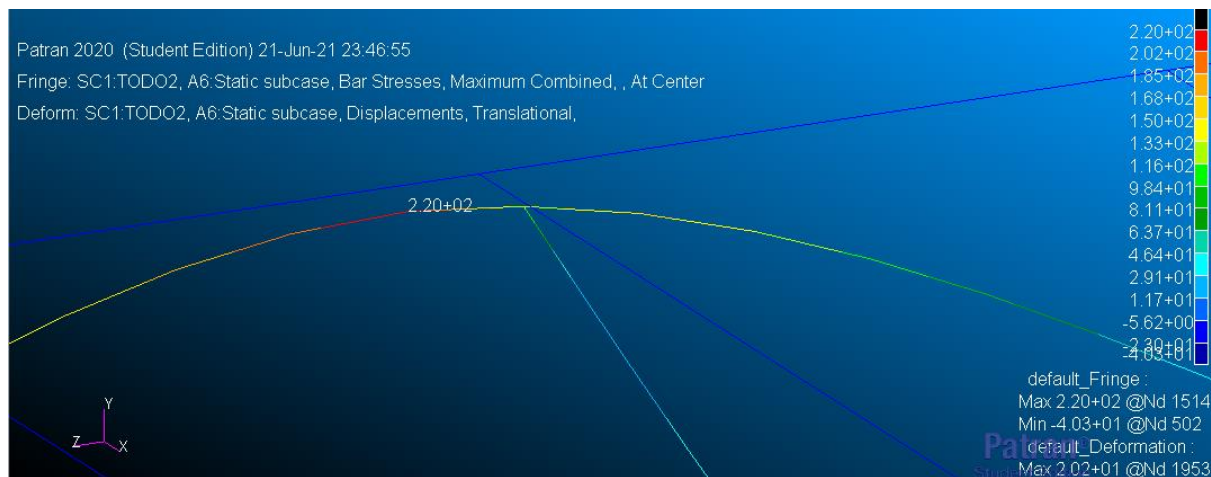


Figura 111. Detalle correspondiente a las tensiones máximas combinadas. Fuente propia

Esta tensión es de 116MPa en su punto de unión con los largueros laterales inferiores, obteniendo un coeficiente de seguridad de 2,37. Estos valores de tensión en las uniones serán utilizados más adelante para realizar los cálculos de soldadura.

### 1.3. ESTRUCTURA PRINCIPAL. LATERALES DESPLEGADOS

En esta ocasión se analizará la estructura principal en su conjunto, simulando el caso en el cual los laterales se encuentran desplegados.

Como se puede apreciar en la siguiente figura, el modelo es el mismo que en el caso anterior.

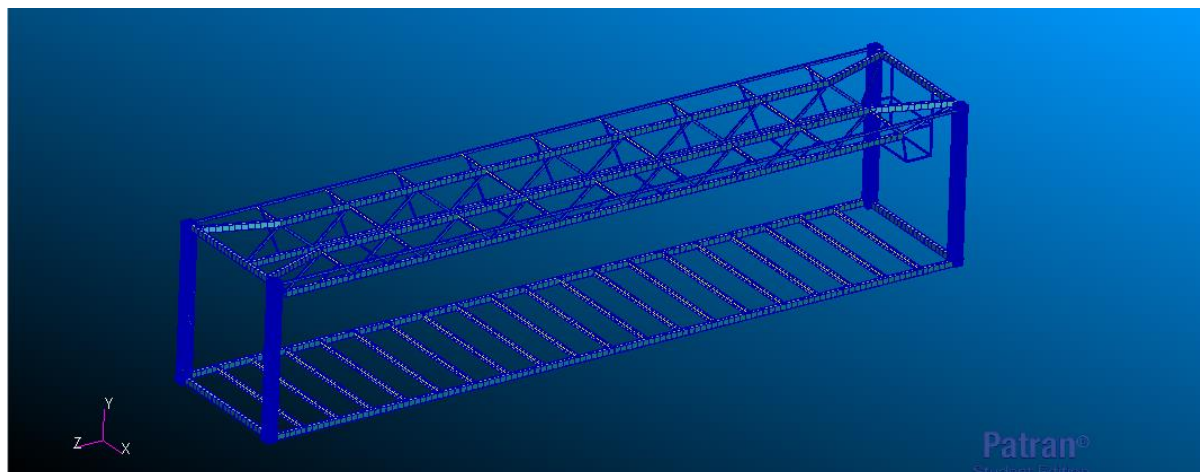
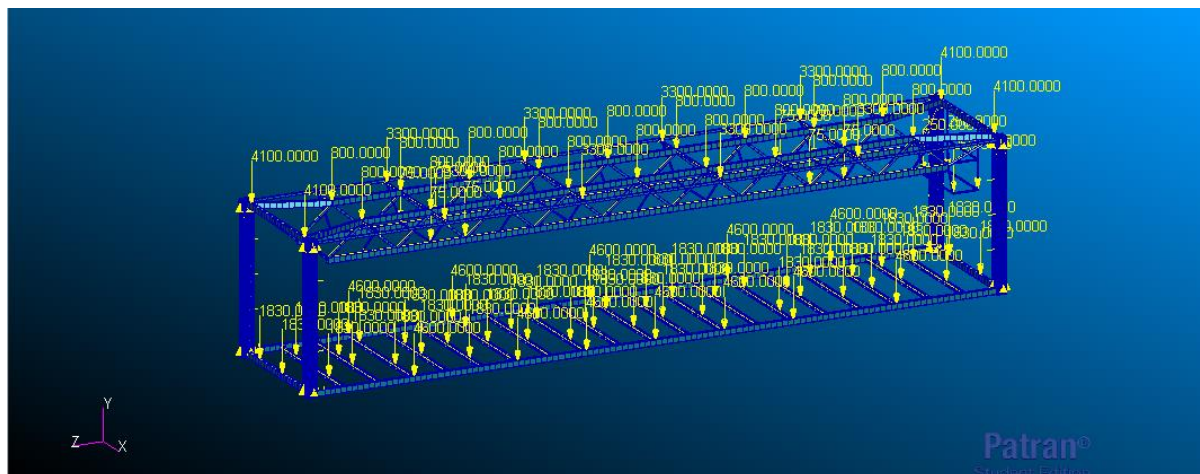


Figura 112. Vista tridimensional de los elementos que conforman el modelo

En este caso se comentarán también las cargas provocadas por la acción del viento y de la nieve en la subestructura superior (apartado 2.1.1 y 2.1.2), así como de los esfuerzos que inducidos por parte de las estructuras expandibles laterales hacia la estructura principal mediante sus uniones.



*Figura 113. Cargas aplicadas al modelo. Fuente propia*

La flecha máxima experimentada por la estructura en celosía es la siguiente.

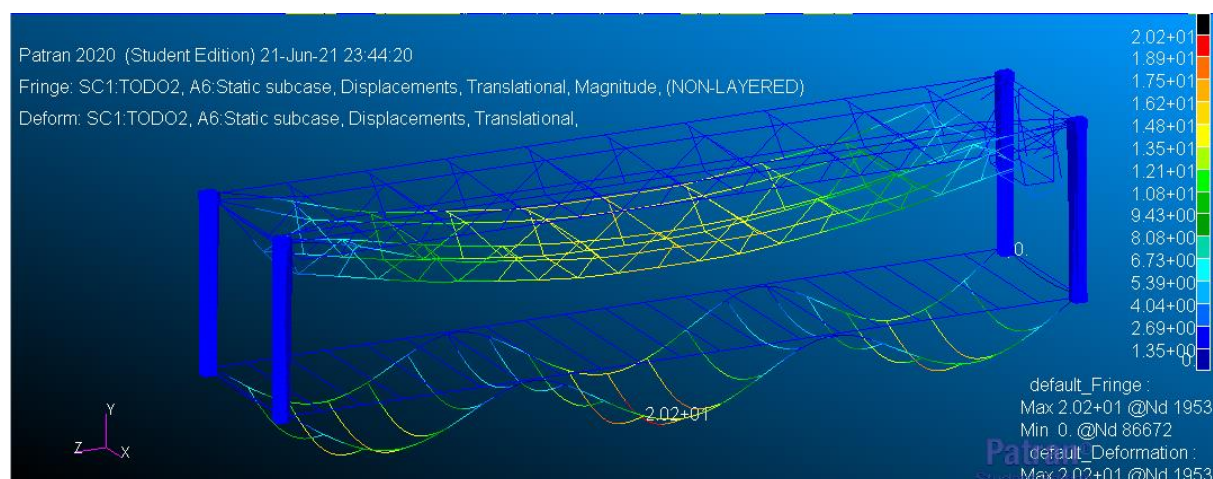


Figura 114. Desplazamientos máximos. Fuente propia

La flecha máxima en su centro de luz es de 14.8 milímetros. Es en torno a diez milímetros mayor al caso donde solamente se tenía en cuenta el peso propio de los perfiles metálicos y de los elementos fijados a ella. Sin embargo, en este caso la deformada obtenida es totalmente admisible dado el límite de 5 milímetros de flecha máxima se requiere solamente en el proceso de pliegue y despliegue de los paneles laterales del contenedor. En ese proceso es donde se necesita una mayor precisión para que no exista interferencia entre los diferentes elementos móviles, además de conseguir un sellado lo más uniforme posible.

Por este motivo (entre otros motivos de seguridad) se establece como una norma indispensable que el proceso de expansión y compactación del contenedor se realice bajo condiciones ambientales favorables. Esto incluye vientos en calma y la extracción de cualquier depósito de nieve sobre la cubierta antes de la realización de cualquier maniobra que incluya el desplazamiento de cualquier elemento móvil del contenedor.

Las tensiones máximas combinadas que sufre la estructura en celosía son las siguientes.

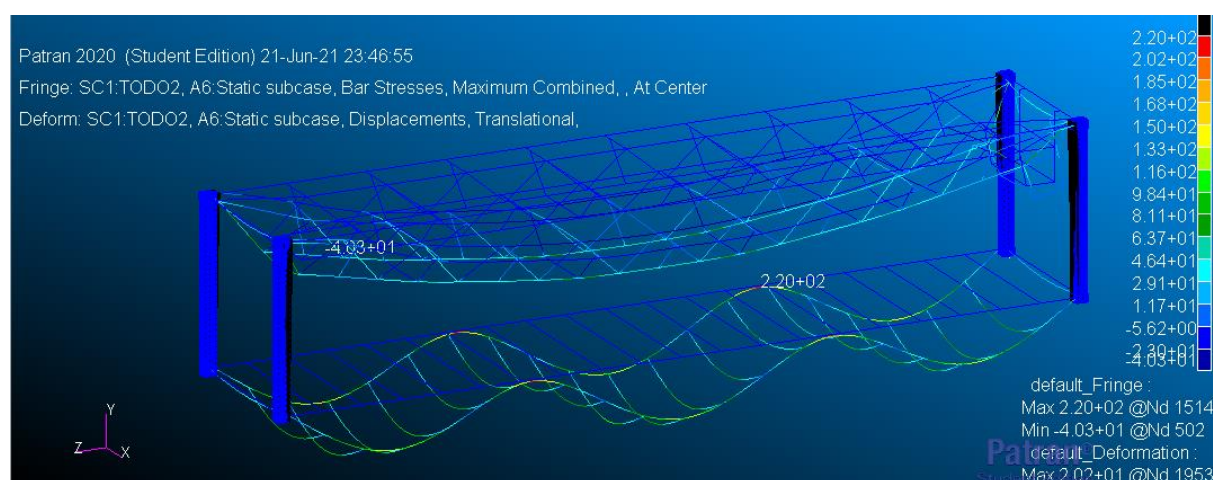


Figura 115. Tensiones máximas combinadas. Fuente propia



Como tensión máxima en la celosía se tienen 81,1MPa, siendo este aun así considerablemente inferior al límite elástico de 275MPa del acero utilizado.

Las tensiones máximas en los postes de esquina se localizan en las zonas inmediatamente inferiores a su unión con las esquineras tal y como se puede observar en la siguiente figura.

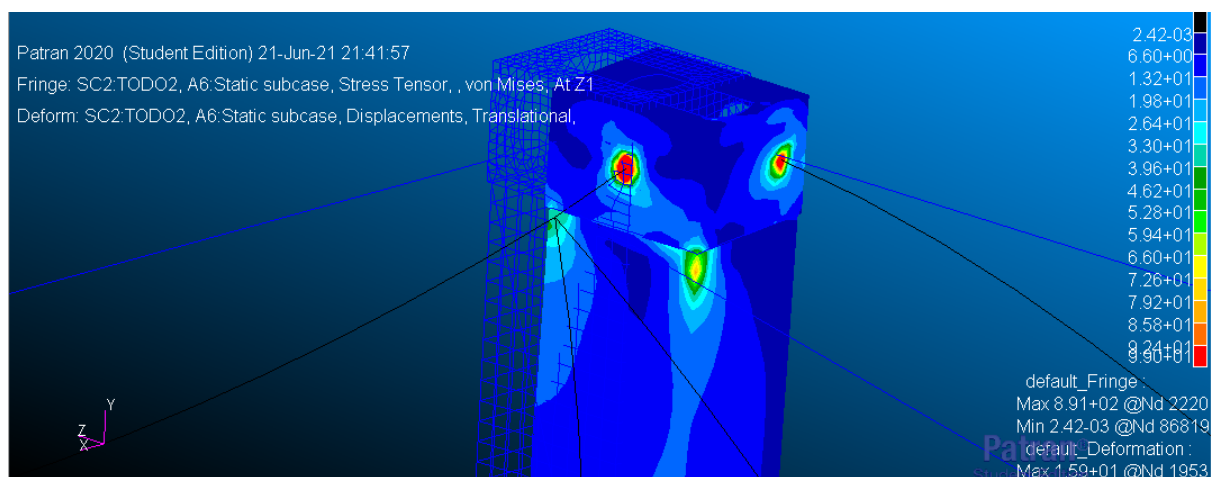


Figura 116. Tensiones de Von Mises en los postes de esquina. Fuente propia

El valor máximo de tensión asciende hasta los 79,2MPa, muy inferior al límite de elasticidad del material.

#### 1.4. ESTRUCTURA PRINCIPAL. CONFIGURACIÓN COMPACTA

Como ya se mencionó anteriormente, con el contenedor en su estado compacto, los paneles laterales plegables (que en su estado expandido conforman el suelo) funcionan como elementos estructurales aportando un extra de rigidez fundamental al contenedor.

Existen dos casos de carga. Uno donde el contenedor está apoyado por sus esquineras inferiores y otro donde este se encuentra izado por sus esquineras superiores. Ambos casos arrojan unos resultados prácticamente idénticos en cuanto a tensiones y deformaciones. Se mostrará únicamente el caso del contenedor izado dado que resulta de interés conocer las tensiones producidas en los orificios de fijación de las cantoneras.

La geometría del modelo se realiza combinando elementos unidimensionales y bidimensionales, resultando en lo siguiente.



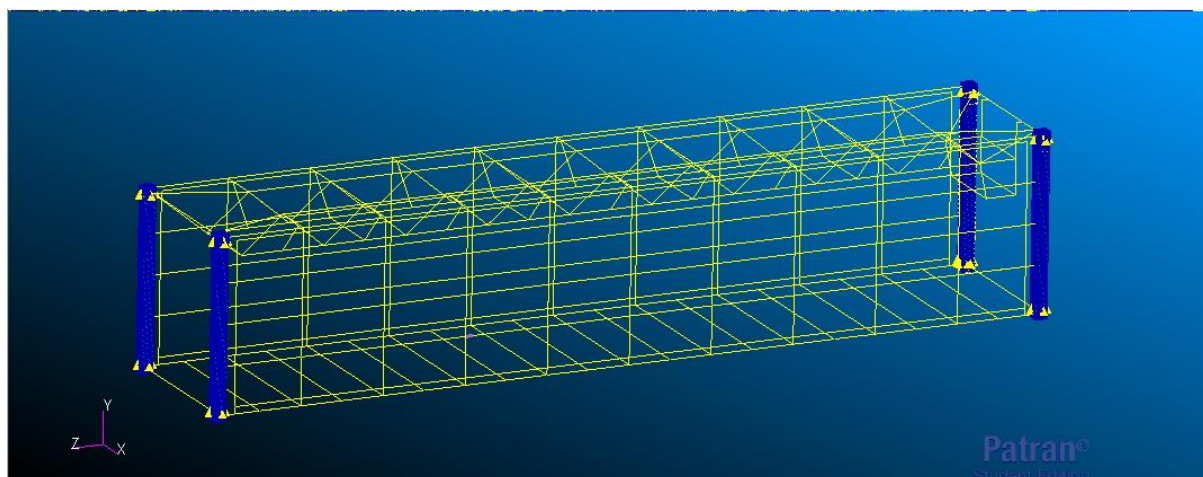


Figura 117. Modelado de la estructura completa incluyendo laterales. Fuente propia

Tras el mallado se puede visualizar el modelo en forma tridimensional.

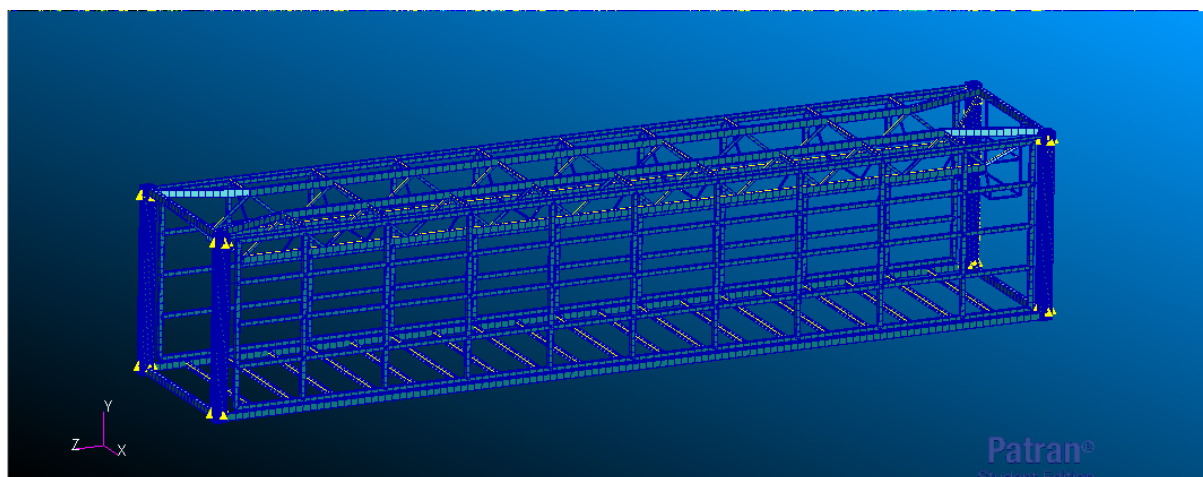


Figura 118. Vista tridimensional del modelo. Fuente propia

El mallado aplicado a la geometría 2D se de tal forma en que este es más fino a medida que se introduce en la geometría de las esquinas. Es necesario un mallado más fino en esa zona para analizar de una forma más precisa las tensiones en los orificios de las esquinas, sobre todo en el caso donde el contenedor se encuentre izado en las cantoneras superiores.

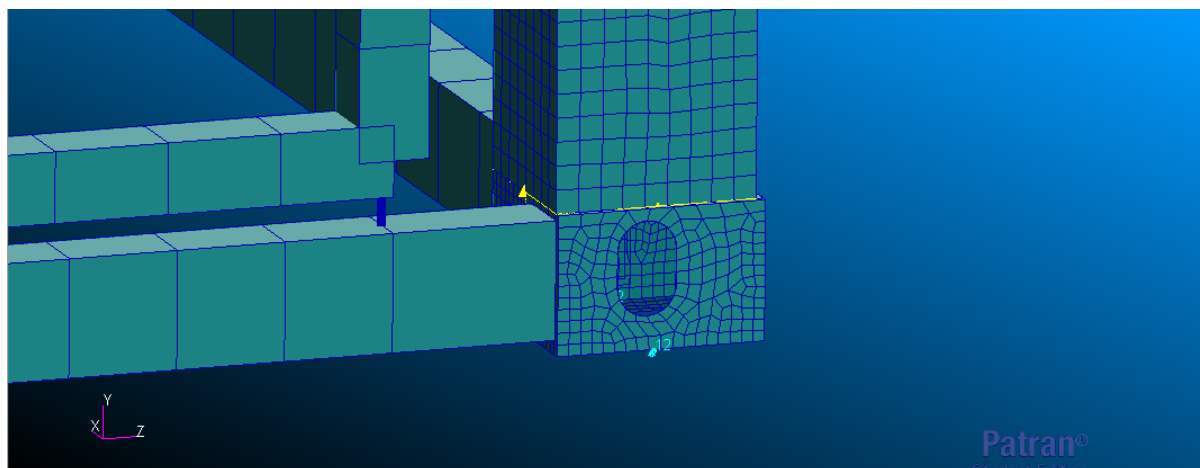


Figura 119. Mallado de las esquineras y postes de esquina. Fuente propia

Los paneles laterales son anclados a la estructura principal mediante una serie de elementos cilíndricos tanto en la zona inferior como superior del contenedor. Estos nos podrán proporcionar, tras un análisis en tensiones, las cargas que sufren las bisagras y elementos de fijación superiores.

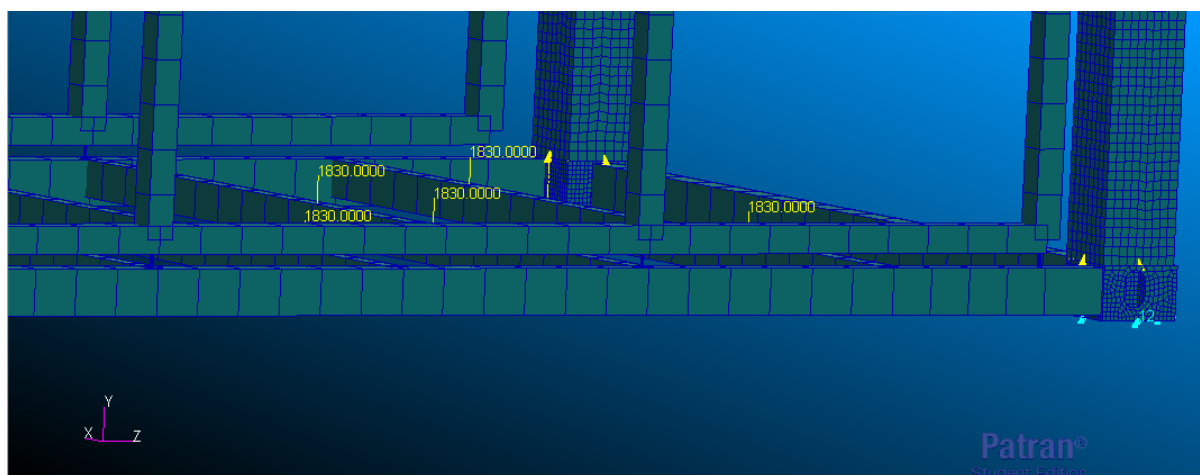


Figura 120. Fijación de los paneles laterales. Fuente propia

Estos elementos cilíndricos constan de una sección de un radio de 3 milímetros, con una sección de  $28.27\text{mm}^2$ .

Una vez aplicadas todas las cargas ya se puede proceder al análisis del modelo.

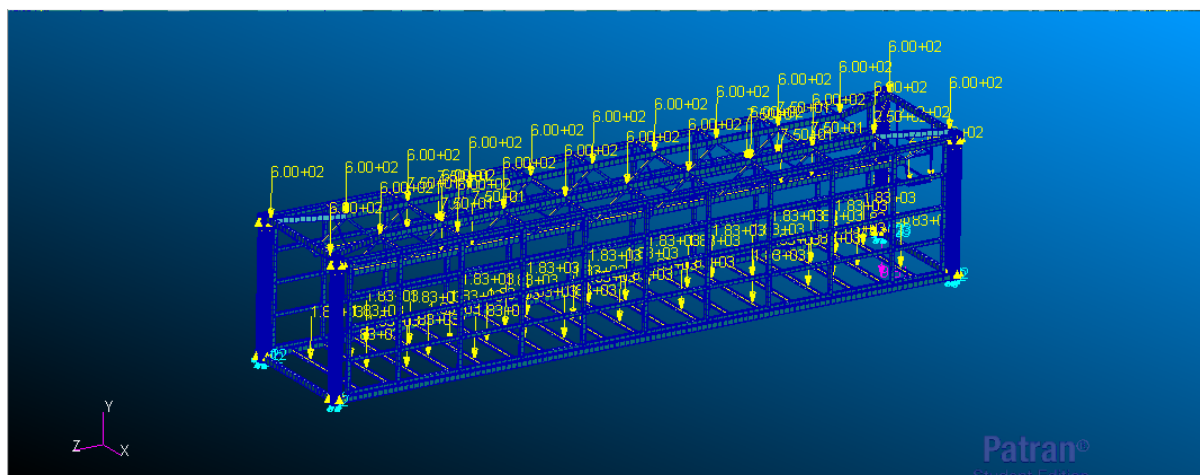


Figura 121. Cargas aplicadas sobre el modelo. Fuente propia

Tras el análisis, se podrán valorar los resultados en deformaciones y tensiones.

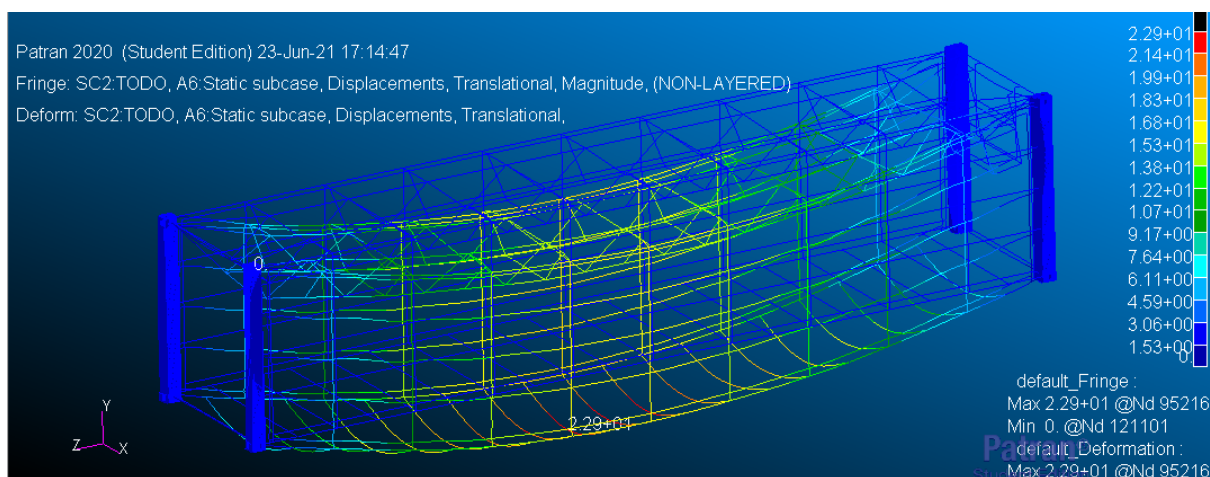


Figura 122. Desplazamientos de la estructura completa. Fuente propia

En cuanto la deformada, se obtiene una flecha máxima de 22,9 milímetros. A pesar de ser el valor más alto obtenido en cuanto a desplazamientos, este representa apenas un 0,2% sobre la longitud del contenedor, por lo que aún se trata de una deformada admisible.

El giro en los apoyos es el siguiente.  $\theta = \frac{2 \cdot 22.9 \text{ mm}}{0.5 \cdot 12000 \text{ mm}} = 0.00763 \text{ rad} = 7,63 \text{ mrad}$

El valor obtenido para el giro en los apoyos es relativamente pequeño, siendo equivalente al giro en los apoyos de una viga de 30mm de luz cuya deformada máxima es de 0,15 milímetros.

En cuanto a las tensiones máximas combinadas obtenidas se tienen los siguientes resultados.

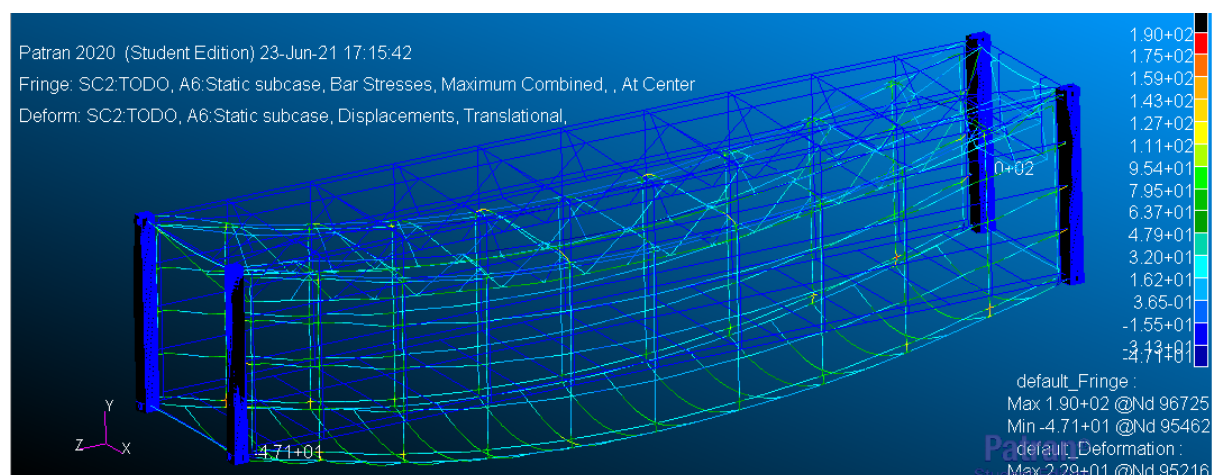


Figura 123. Tensiones máximas de la estructura principal. Fuente propia

La tensión máxima registrada en este caso es de 190MPa, sin embargo, esta tensión aparece en los elementos de unión de los paneles laterales a la estructura principal dado que constan de una sección reducida respecto a las demás (28,27 mm<sup>2</sup>).

La tensión máxima sin tener en cuenta aquella registrada en los elementos de unión se reduce a 143 MPa, con un coeficiente de seguridad de 1,92.

Mostrando las tensiones axiales en los elementos de unión de los paneles laterales, se puede observar lo siguiente.

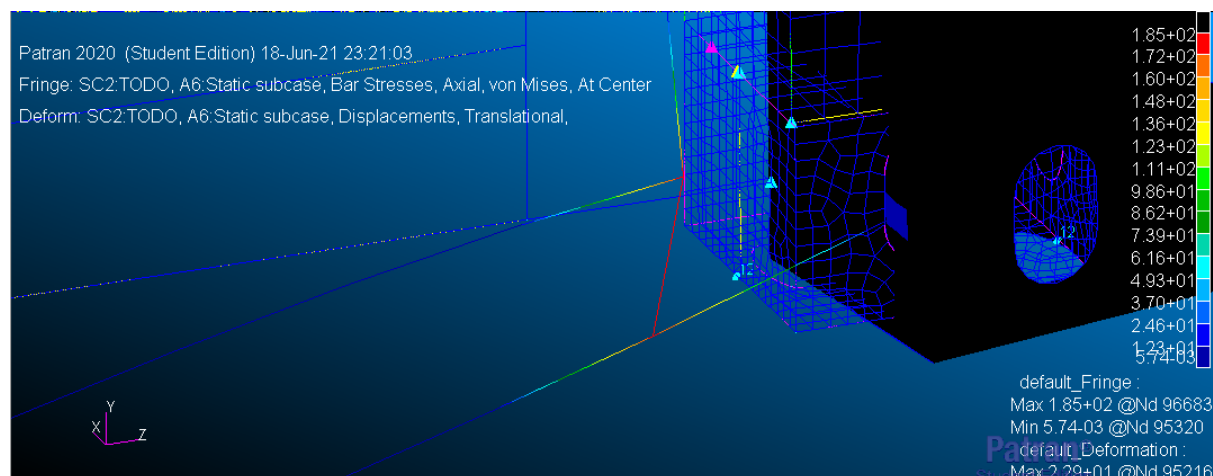


Figura 124. Tensiones axiales en los elementos de unión inferiores. Fuente propia

Las tensiones axiales alcanzan los 185MPa, por lo que la carga soportada por las bisagras

resulta ser de:  $P_1 = 185 \frac{N}{mm^2} \cdot 28.27 mm^2 = 5230 N \cong 523 Kg$



Los elementos de unión superiores constan de unas tensiones menores tal y como se puede observar en la siguiente figura.



Figura 125. Tensiones axiales en los elementos de unión superiores. Fuente propia

Las tensiones máximas en estos elementos descienden hasta los 37MPa o bien una carga por cada elemento de:

$$P_2 = 37 \frac{N}{mm^2} \cdot 28.27 mm^2 = 1046 N \cong 104,6 Kg$$

Atendiendo a las tensiones en las esquineras superiores en el caso en el que el contenedor se está izando, se puede apreciar lo siguiente.

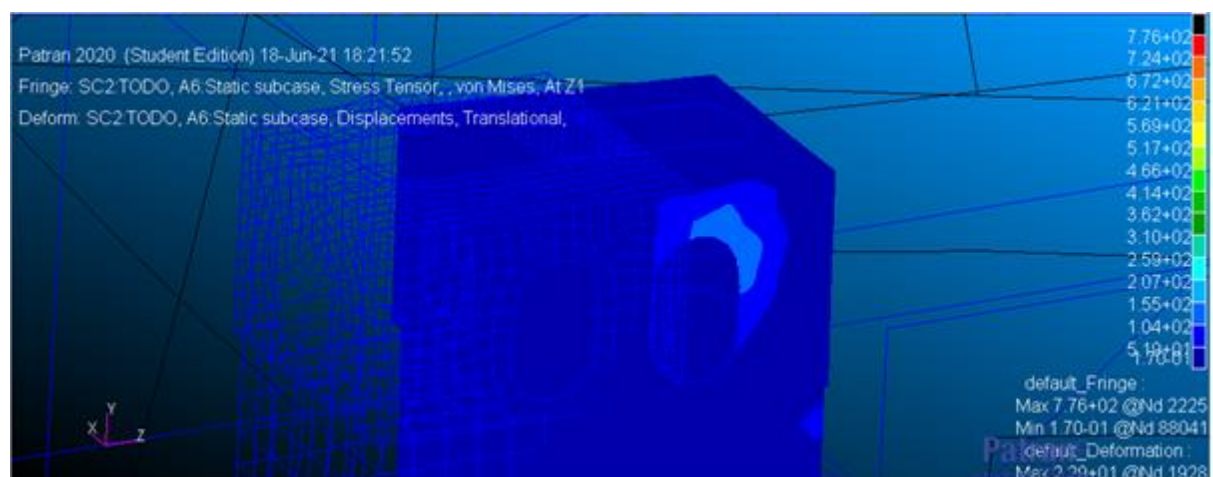


Figura 126. Tensiones de Von Mises en las cantoneras superiores. Fuente propia

Las tensiones máximas en los elementos de esquina ascienden hasta los 155.2MPa, siendo, con un coeficiente de seguridad de 1,42. Según la norma UNE-EN ISO 10855-1, las esquineras deberán de estar conformadas mediante acero fundido con un límite elástico igual o superior a los 220 MPa.

## 2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL. SUBESTRUCTURAS EXPANDIBLES LATERALES.

El contenedor expandible consta de unos laterales con una cierta movilidad que les permite permanecer en una configuración estructural en la cual el contenedor permanece en forma compacta y en otra configuración en la cual el contenedor quedará en su forma expandida. Por ello es que además de un cálculo estático será necesario realizar un cálculo dinámico de este mecanismo para determinar los esfuerzos que se generan en los movimientos de despliegue y recogida.

### 2.1. ANÁLISIS ESTÁTICO

Dentro del análisis estático se recogerán una serie de cargas adicionales, como son las de viento y de nieve, ambas recogidas dentro del código técnico de la edificación. El CTE está pensado principalmente para el cálculo de edificios, naves industriales, marquesinas, etc. Sin embargo, se podrá adaptar en la medida de lo posible a nuestras necesidades.

#### 2.1.1. Cargas de viento

En ciertas zonas expuestas, la acción del viento puede suponer una gran carga adicional sometida a la estructura. Dada su velocidad, el viento es capaz de generar una presión dinámica la cual puede derivar en una fuerza perpendicular aplicada a una superficie o presión estática. Esta presión estática se define de la siguiente manera.

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p \quad (1)$$

$q_b$  se define como la presión dinámica del viento,  $C_e$  es el coeficiente de exposición y  $C_p$  el coeficiente eólico o de presión.

En primer lugar, se procederá a calcular la presión dinámica, un valor dependiente de la velocidad del viento y la densidad del aire mediante la siguiente expresión.

$$q_b = 0.5 \cdot \delta \cdot v_b^2 \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1) se obtiene una expresión equivalente a la ecuación de arrastre, de gran utilidad en el campo de la dinámica de fluidos.  $F_D = 0.5 \cdot C_D \cdot \delta \cdot v^2 \cdot A$

La densidad del aire se puede aproximar a un valor de 1,25 kg/m<sup>3</sup> dado que en zonas cercanas al mar la presencia de rocío en el aire puede incrementar la densidad de este.

La velocidad del viento se obtiene del mapa de la siguiente figura, dependiendo de la zona que se considere.

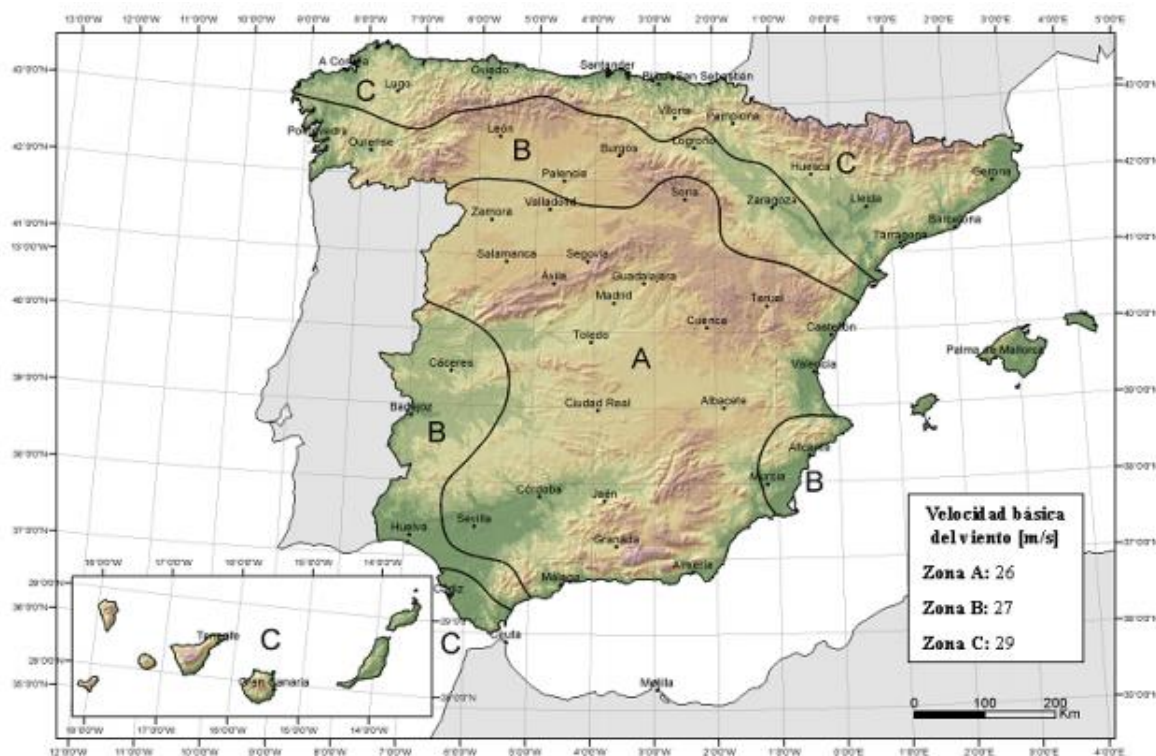


Figura 127. Velocidad del viento por zonas. Fuente: CTE

Dado que el contenedor puede desplazarse a cualquier zona, se supondrá un emplazamiento en la zona más desfavorable. En la zona C del mapa la velocidad del viento es la más crítica, con magnitudes que ascienden hasta los 29 m/s o 104,4 km/h.

La presión dinámica del viento es  $q_b = 0.5 \cdot 1,25 \cdot 29^2 = 525,6 \text{ N/m}^2 = 0.52 \text{ kN/m}^2$

El coeficiente de exposición  $C_e$  es un factor adimensional que depende del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la estructura, así como la altura de esta.

En la siguiente figura se podrá hallar el coeficiente de exposición.

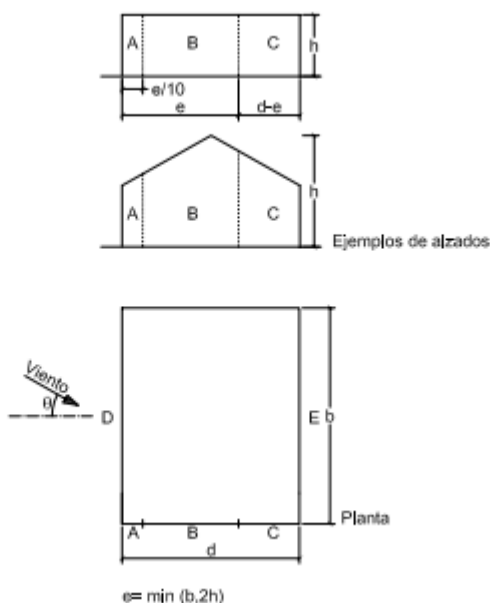
Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
<b>I</b> Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
<b>II</b> Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
<b>III</b> Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
<b>IV</b> Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
<b>V</b> Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Figura 128. Coeficientes de exposición tabulados Fuente: CTE

Como en el caso anterior, se escogerá la situación más desfavorable, con un grado de aspereza I y una altura máxima del contenedor en su estado expandido de  $3.92\text{ m} \cong 4\text{ m}$ .

Mediante interpolación lineal, el coeficiente de exposición es  $\frac{6-3}{2.7-2.4} = \frac{6-4}{2.7-C_e}$ ;  $C_e = 2.5$

El coeficiente eólico o de presión es dependiente de la forma del contenedor, así como de la orientación de este respecto a la dirección del viento. Se calculará para las diferentes superficies del container expandido mediante las siguientes figuras.



A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10$	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
$\leq 1$	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

Figura 129. Paramentos verticales Fuente: CTE

La forma del alzado frontal del contenedor expandido no coincide en su totalidad con la de la figura dado que el contenedor consta de una zona horizontal en su parte superior, sin embargo, esta estimación es la más ajustada a la realidad.



Para todos los casos se tiene que el área de influencia A es mayor a 10 metros cuadrados.

El parámetro  $h/d$  para el caso del alzado vertical es  $h/d = \frac{4}{7} = 0.57 \approx 1$  con  $e = 7$ . Queda aproximado a la unidad debido a que es un caso más desfavorable, aunque la diferencia entre este caso y el  $h/d < 0.25$  sea más bien escasa.

Para el caso del alzado lateral  $h/d = \frac{2.3}{12} = 0.19 < 0.25$  con  $e = 4,6$ .

Una vez se saben los coeficientes para las diferentes zonas, es posible calcular su presión estática:

$$q_e^A = 0.52 \cdot 2.5 \cdot (-1.2) = -1.56 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^B = 0.52 \cdot 2.5 \cdot (-0.8) = -1.04 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^C = 0.52 \cdot 2.5 \cdot (-0.5) = -0.65 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^{D1} = 0.52 \cdot 2.5 \cdot (0.8) = 1.04 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^{D2} = 0.52 \cdot 2.5 \cdot (0.7) = 0.91 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^{E1} = 0.52 \cdot 2.5 \cdot (-0.5) = -0.65 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_e^{E2} = 0.52 \cdot 2.5 \cdot (-0.3) = -0.39 \frac{kN}{m^2}$$

Para pasar estos valores a unidades de  $N/mm^2$  se multiplican estos por un valor de  $10^{-3}$ .

Para el caso de cargas de viento aplicadas a la cubierta, se puede considerar el caso en el cual la dirección del viento se encuentra aproximadamente (con posibles desfases de  $\pm 45^\circ$ ) perpendicular a la lima y paralela a la lima.

En la Figura 130, Figura 131, Figura 132 y Figura 133 se pueden apreciar los diferentes casos descritos.

a) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

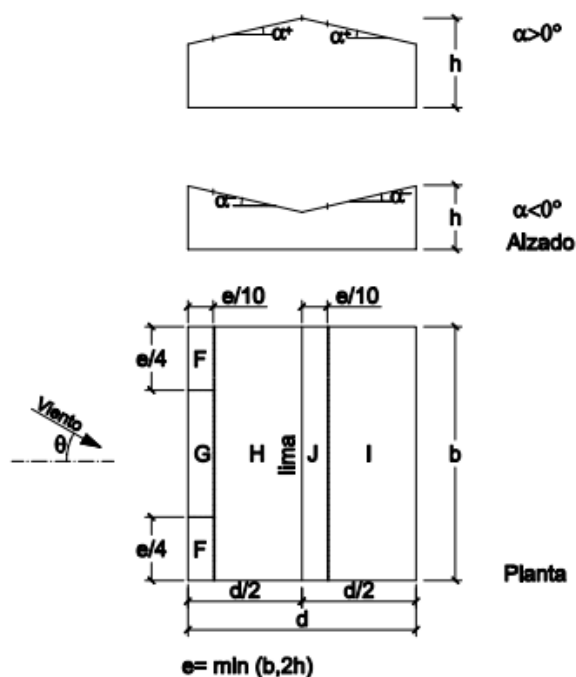


Figura 130. Cubiertas a dos aguas con viento perpendicular a la lima Fuente: CTE

Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
$-45^\circ$	$\geq 10$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	$\leq 1$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
$-30^\circ$	$\geq 10$	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	$\leq 1$	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
$-15^\circ$	$\geq 10$	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	$\leq 1$	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
$-5^\circ$	$\geq 10$	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	$\leq 1$	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6
$5^\circ$	$\geq 10$	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	$\leq 1$	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
$15^\circ$	$\geq 10$	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	$\leq 1$	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
$30^\circ$	$\geq 10$	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,4	0	0
$45^\circ$	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
$60^\circ$	$\geq 10$	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
$75^\circ$	$\geq 10$	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	$\leq 1$	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Figura 131. Cubiertas a dos aguas con viento perpendicular a la lima Fuente: CTE

b) Dirección del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

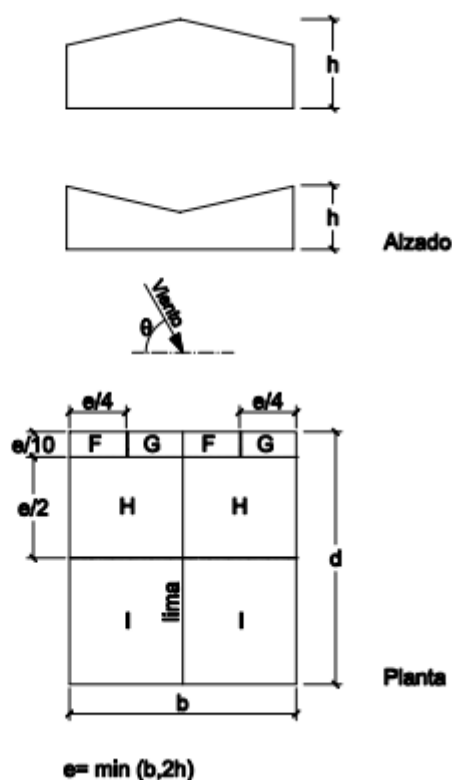


Figura 132. Cubiertas a dos aguas con viento paralelo a la lina Fuente: CTE

Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
$-45^\circ$	$\geq 10$	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
$-30^\circ$	$\geq 10$	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
$-15^\circ$	$\geq 10$	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
$-5^\circ$	$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
$5^\circ$	$\geq 10$	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
$15^\circ$	$\geq 10$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
$30^\circ$	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
$45^\circ$	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
$60^\circ$	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
$75^\circ$	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Figura 133. Cubiertas a dos aguas con viento paralelo a la lina Fuente: CTE

Para todos los casos se tiene que el área de influencia A es mayor a 10 metros cuadrados.

La pendiente de la cubierta es de unos 30 grados aproximadamente.

Los coeficientes eólicos varían entre un rango de 0.5 y 1.25, tanto de presión como de succión, resultando en cargas dinámicas que oscilan entre 0.65 y 1.625kN/m<sup>2</sup>.

Se considerarán los valores tanto de succión como de presión en cada caso, aplicando al modelo de elementos finitos las combinaciones más desfavorables.

### 2.1.2. Cargas de nieve

Las cargas debidas al propio peso de la nieve son verticales y se aplican en la totalidad de la cubierta del contenedor. Al igual que la velocidad del viento, el valor de la carga de nieve depende en parte de la zona climática en la que se considere.



Figura 134. Zonas climáticas de invierno Fuente: CTE

Dado que en ciertas zonas específicas se tiene un clima demasiado extremo para el ámbito de uso del contenedor. Se considerará un escenario más realista donde el contenedor expandible pueda situarse.

Como ejemplo se tomará el municipio de reinosa, situado en Cantabria y a 850 metros sobre el nivel del mar. Cantabria se encuentra dentro de la zona 1, por lo que el valor de la sobrecarga por nieve será el siguiente.

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Figura 135. Sobrecarga de nieve en una superficie horizontal ( $\text{kN/m}^2$ ) Fuente: CTE

Interpolando para una altura de 850 metros, se obtiene una sobrecarga de  $1.3\text{kN/m}^2$ .

En el caso en el que el contenedor se encuentre en un emplazamiento fuertemente expuesto a la acción del viento, el valor anterior se debe de aumentar en un 20%, resultando en una carga vertical de  $1.56\text{kN/m}^2$ .

### 2.1.3. Resultados MEF

En este caso se procederá al análisis estructural de las subestructuras laterales móviles bajo el estado más desfavorable de carga.

Su modelo se realiza mediante la combinación de elementos unidimensionales y bidimensionales. Esta estructura consta de espacios de mayor amplitud entre perfiles metálicos, por lo que será necesaria la adición de superficies para poder aplicar la carga de la forma más cómoda posible.

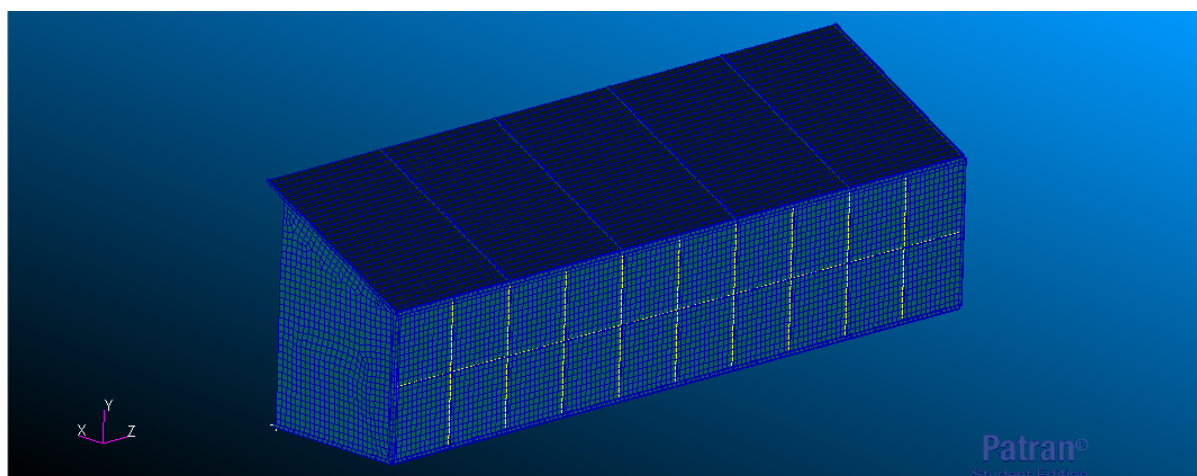


Figura 136. Vista 3D de los elementos del modelo. Fuente propia

Las restricciones de movimiento quedan definidas por el conjunto de las bisagras superiores, de las inferiores y de las uniones atornilladas de los paneles frontal y posterior desmontables. En la siguiente figura se pueden observar en su conjunto.

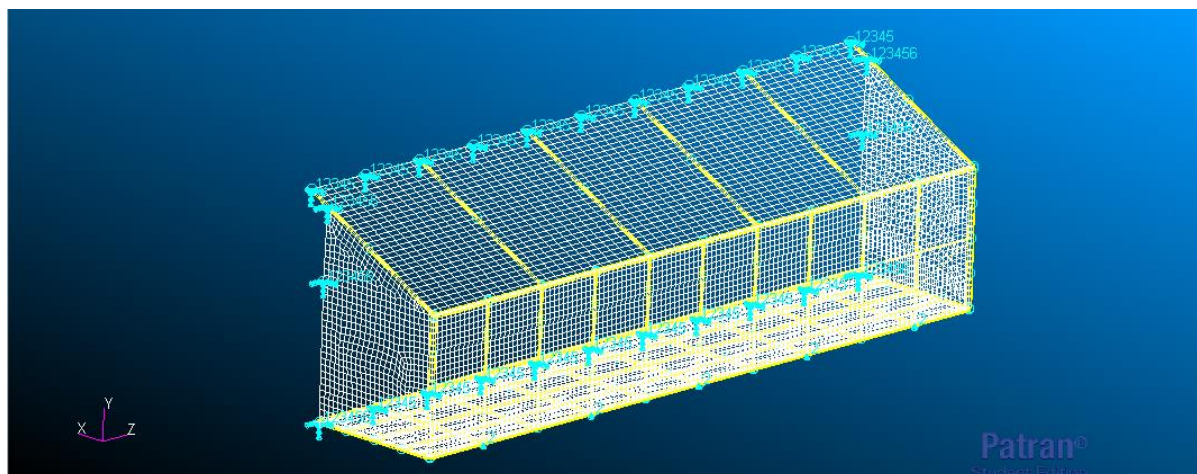


Figura 137. Restricciones de movimiento. Fuente propia

Estas restricciones simulan la unión de esta subestructura a la estructura principal del contenedor ya calculada, por lo que los esfuerzos que experimentan en ellas se pueden utilizar para determinar la carga soportada por cada bisagra y las cargas de acción y reacción que sufre una estructura respecto de la otra en esos puntos de unión.

Las cargas aplicadas al modelo son propias de la acción del viento, la nieve y las personas alojadas en su interior, tal y como se muestra a continuación.

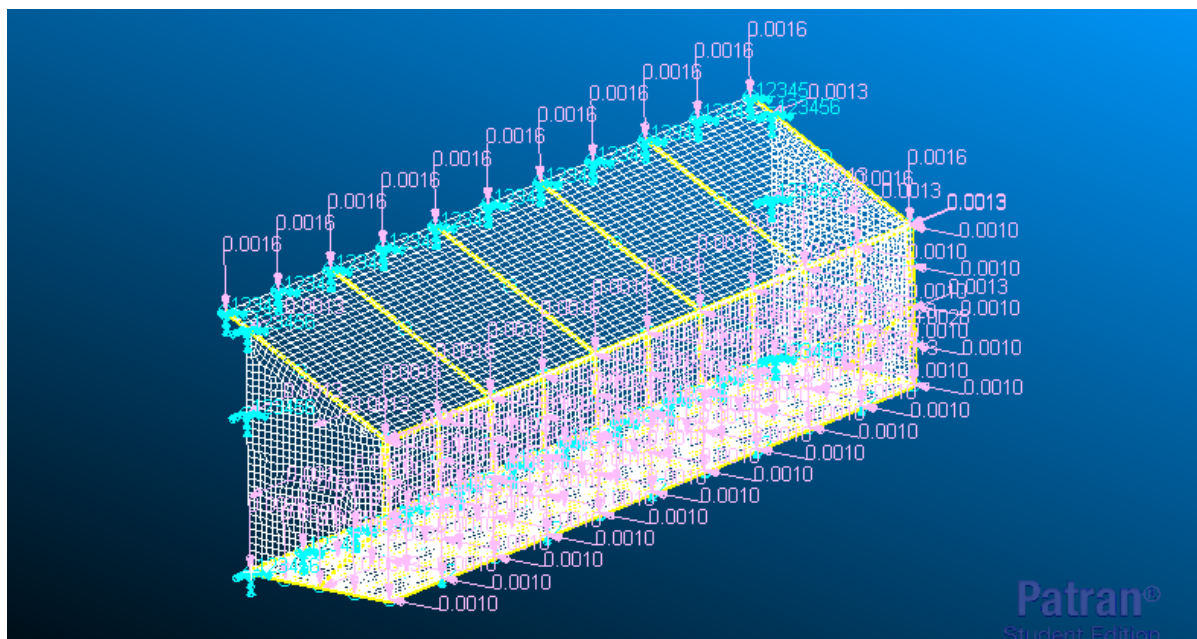


Figura 138. Cargas aplicadas al modelo. Fuente propia



Este se trata del caso de carga más desfavorable posible. Se trata de la combinación de las cargas de nieve en la cubierta con las cargas de las personas y del viento. Sobre el panel lateral la presión es positiva (en dirección al eje x). En los paneles frontal y posterior se localizan cargas de viento de presión en uno y de succión en el otro.

Los casos de carga donde esta actúa como succión por parte del tiempo son más favorables dado que mantienen la estructura bajo tensiones de tracción, evitando los efectos negativos del pandeo.

Los valores obtenidos como desplazamientos son los siguientes. Fuente propia

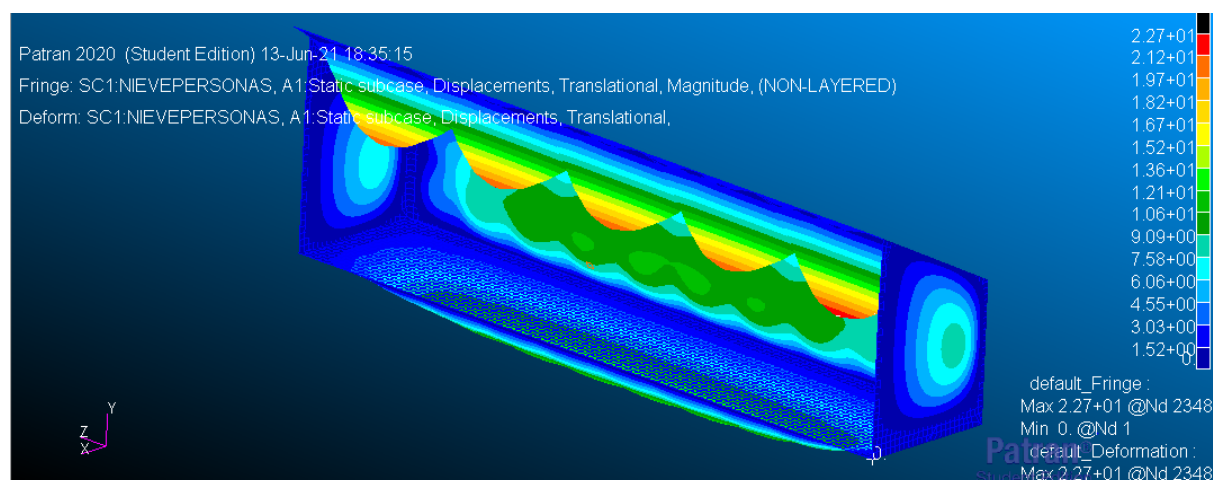


Figura 139. Desplazamientos máximos. Fuente propia

Los desplazamientos máximos en el suelo de la estructura son de 13.6 milímetros y en las paredes laterales de 12.1 milímetros.

En cuanto a las tensiones máximas combinadas se obtienen los siguientes resultados.

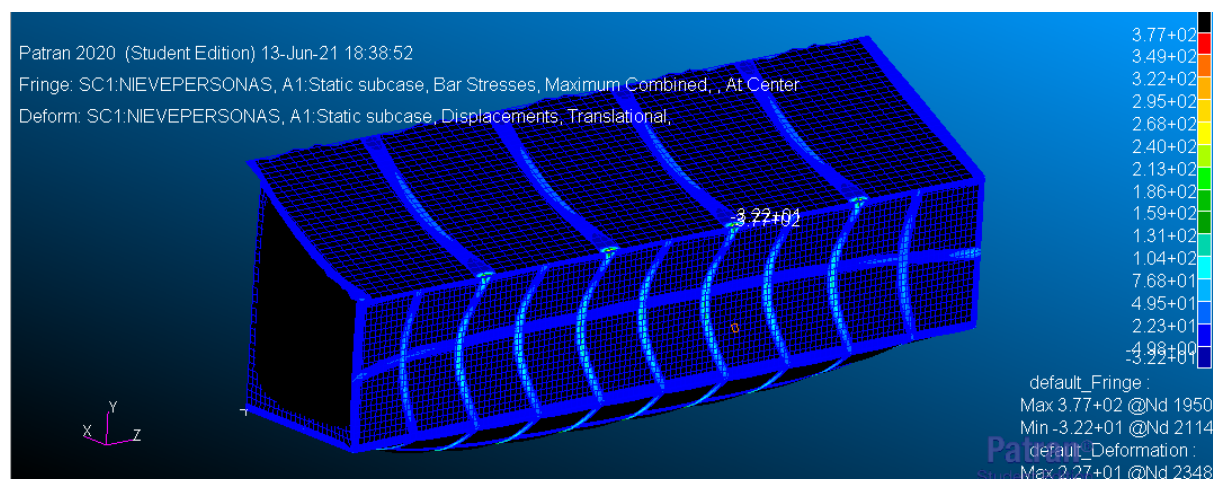


Figura 140. Tensiones máximas combinadas en los perfiles metálicos. Fuente propia

La tensión máxima de 377MPa es debida a las concentraciones de tensiones que surgen en las zonas donde están situadas las bisagras dado que esa unión se malla mediante un único nodo.

En las paredes las tensiones ascienden hasta los 159MPa, con un coeficiente de seguridad de 1,73.

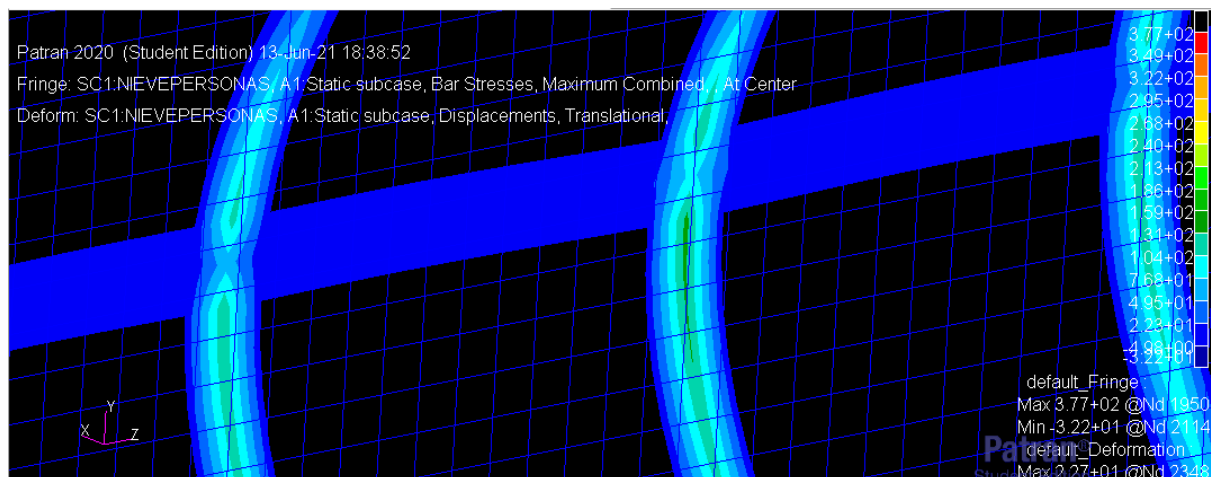


Figura 141. Detalle. Tensiones máximas combinadas en los perfiles metálicos. Fuente propia

Estas paredes reciben parte de la carga de la cubierta además de la carga de presión del viento, por lo que internamente se tienen cargas de compresión, así como de flexión.

En los perfiles situados en la zona de la cubierta las tensiones máximas se sitúan en los 76.8 MPa.

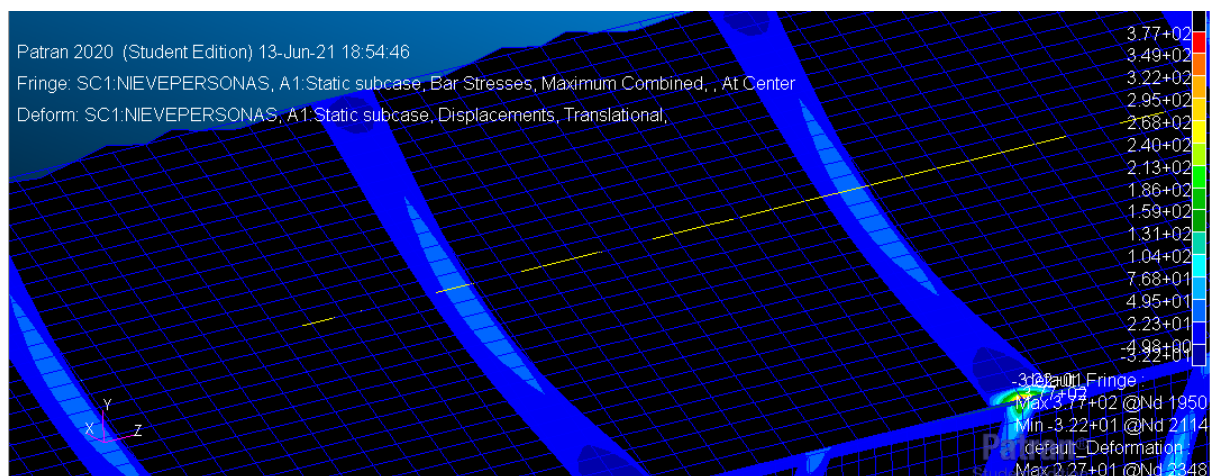


Figura 142. Detalle. Tensiones máximas combinadas en los perfiles metálicos. Fuente propia

En el panel que conforma el suelo, las tensiones máximas ascienden hasta los 159 MPa



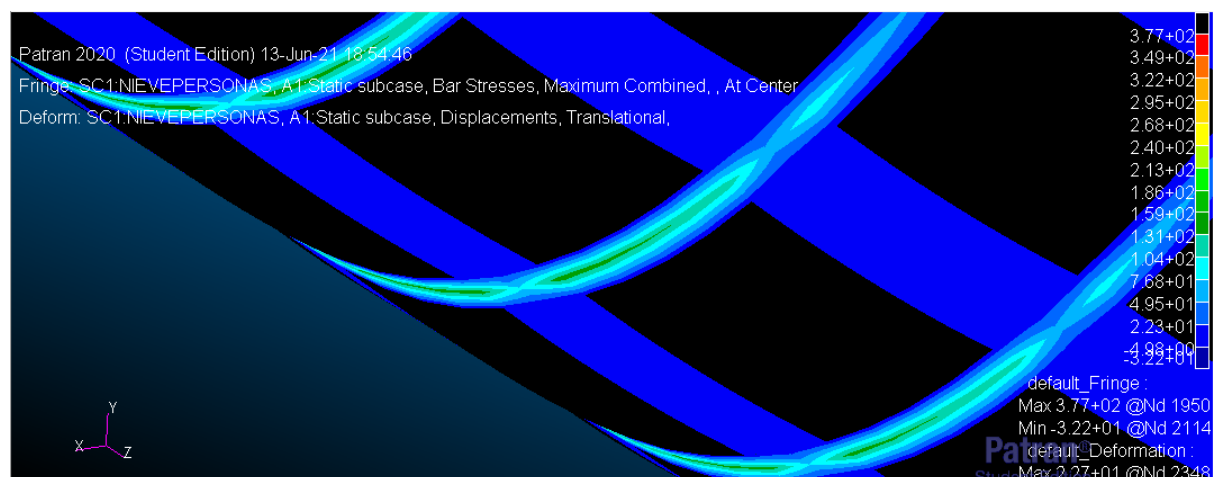


Figura 143. Detalle. Tensiones máximas combinadas en los perfiles metálicos. Fuente propia

A diferencia de las paredes, las tensiones en el suelo solamente son originadas debido al flector que este sufre dado que las cargas verticales de compresión que sufren las paredes son absorbidas en gran parte por los apoyos situados bajo ellas mismas, transmitiendo toda esa carga al suelo.

En el caso de actuar solamente cargas de viento de succión, el peso de la estructura es suficientemente grande como para mantenerla en firme contacto con el suelo, con cargas en los apoyos en torno a los 300Kg tal y como se aprecia en la siguiente figura.

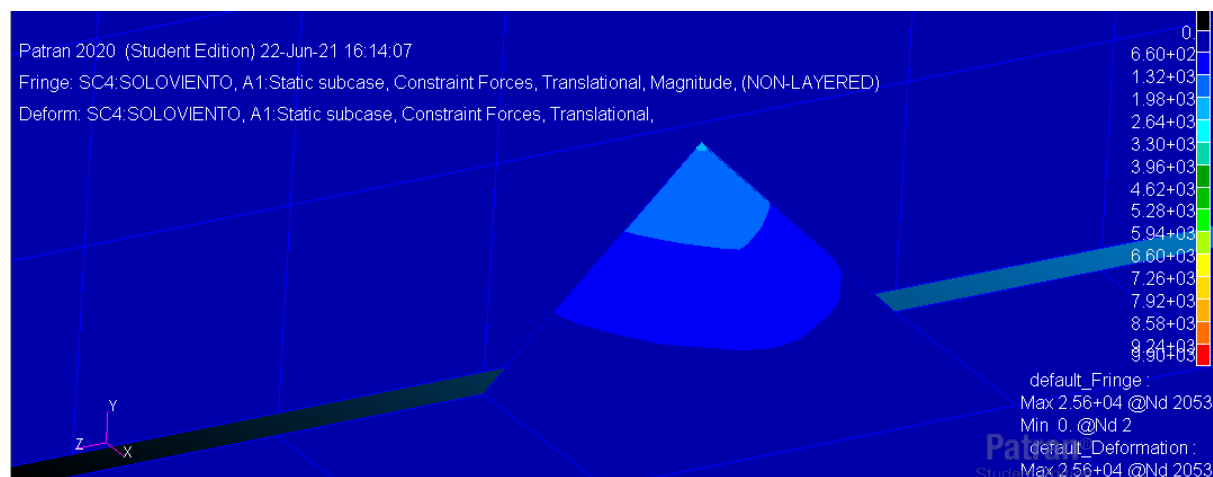


Figura 144. Cargas en los apoyos bajo el caso de presiones de succión. Fuente propia

Como ya se mencionó en el apartado 5.6, los perfiles sobre los que se apoya la lona son telescópicos. Estos deben de ser capaces de soportar también cargas de tracción y compresión, por lo que necesitan un sistema para poder bloquearlos en posición. Se trata de una serie de clips de resorte, los cuales se accionarán en cuanto la estructura plegable se encuentre en posición.



Figura 145. Clip de resorte. Fuente: porklandl.com

Se escogerá un diámetro de 12 milímetros para el elemento que actúa como cierre. El resorte debe de ser adecuado para poder desbloquearlo a mano.

Las tensiones axiales máximas ascienden hasta los 32 MPa. La sección introducida es de 40x40.4 (A=521 mm<sup>2</sup>), por lo que la fuerza generada es de 16672 N.

Se introducirán dos clips en cada perfil, por lo que las tensiones de cortante y aplastamiento son las siguientes.

$$\tau = \frac{16672}{\pi \cdot 6^2} = 73.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{16672}{12 \cdot 4} = 173,66 \text{ Mpa}$$

El coeficiente de seguridad mínimo obtenido resulta ser 1,58.

## 2.2. ANÁLISIS DINÁMICO

Debido a que los laterales del contenedor son elementos móviles donde gran parte de las cargas será absorbida por las bisagras, se tendrá que realizar el correspondiente análisis dinámico. El movimiento de despliegue de las paredes plegables es el más desfavorable dado que en él se usa el efecto de la ventaja mecánica.

En la Figura 146 se puede apreciar el modelo realizado para su análisis.

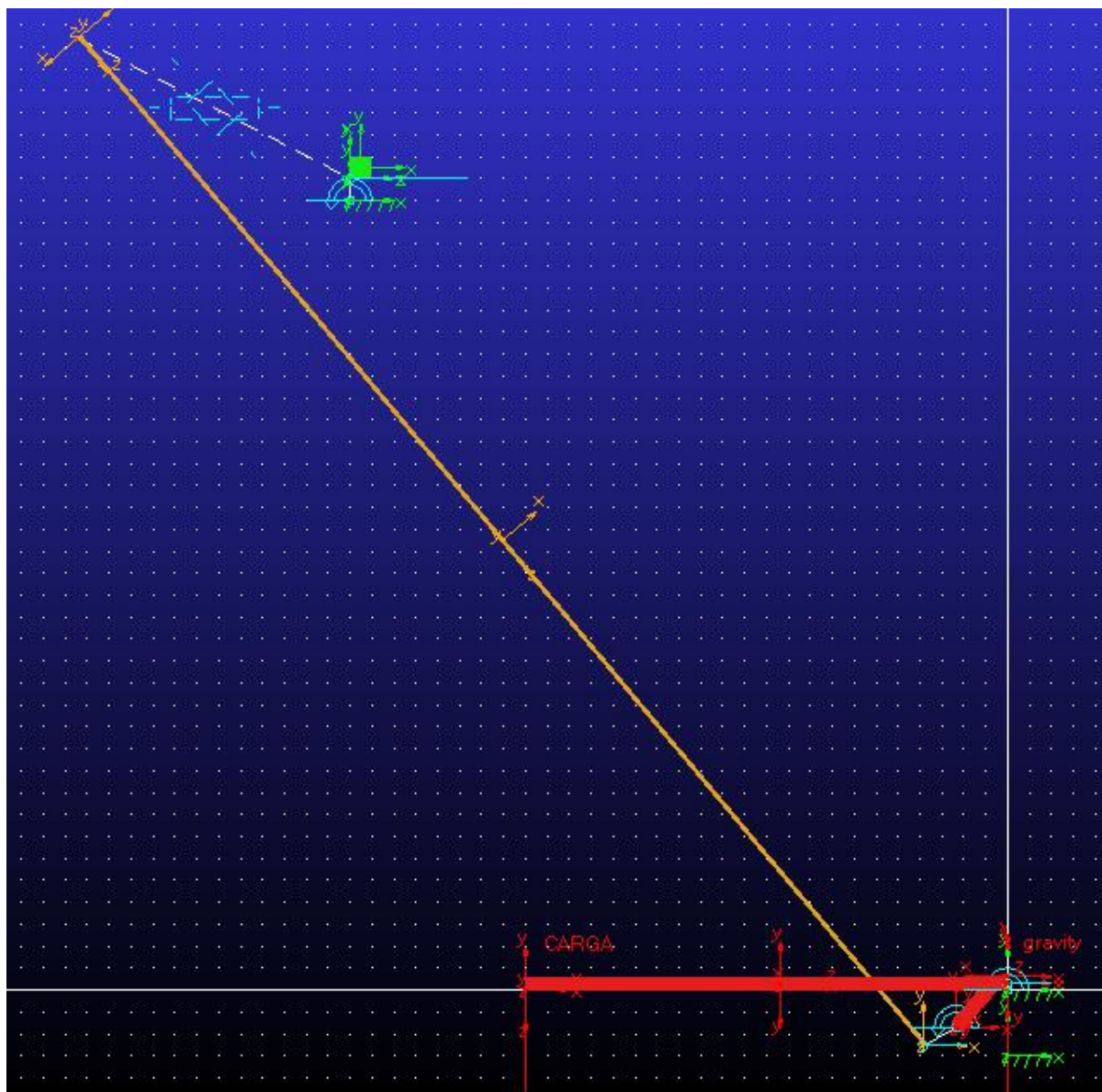


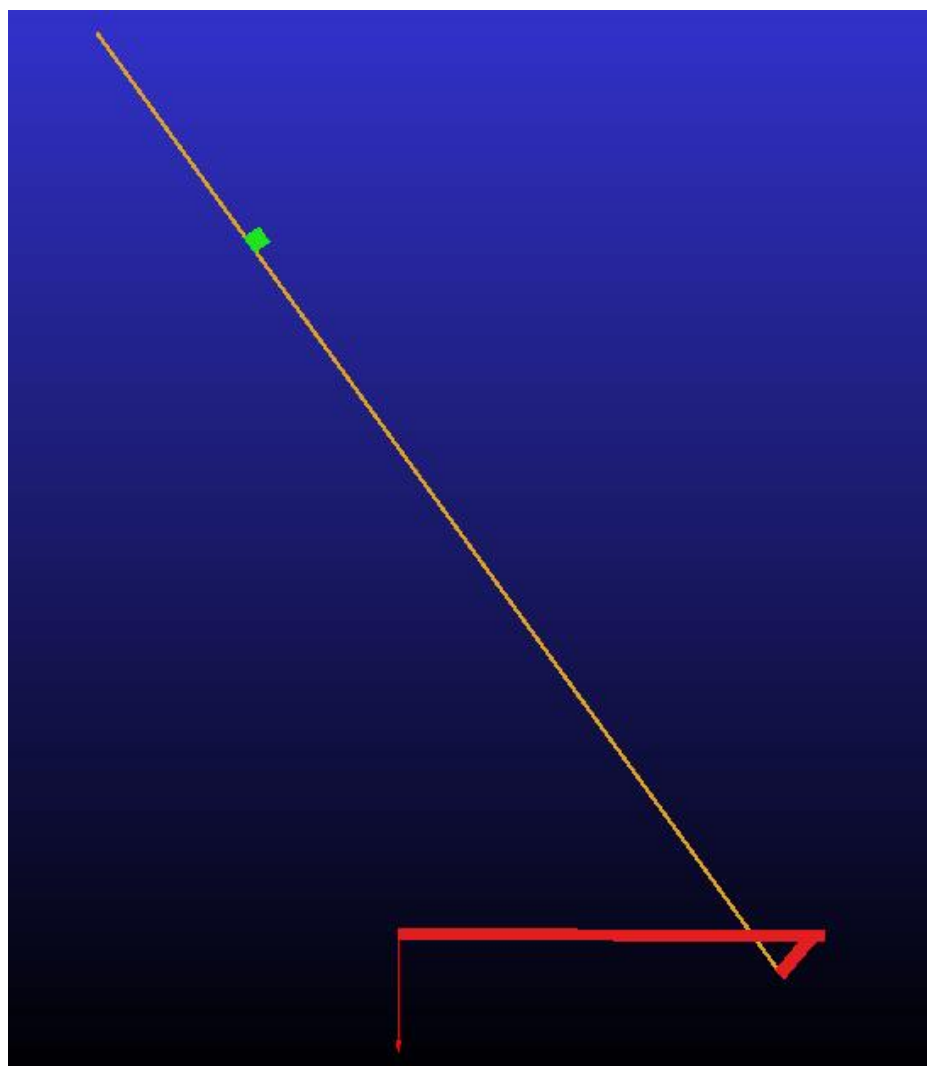
Figura 146. Modelo utilizado. Fuente propia

El modelo está formado por una serie de cuerpos los cuales forman la pared lateral plegable (en rojo) y el cable que accionará el mecanismo (en naranja). El mecanismo se acciona mediante un actuador lineal de desplazamiento acoplado a una deslizadera fijada al elemento fijo mediante un par rotación. Su movimiento viene determinado por una función de tipo “Step”, incluyendo su posición inicial y final que tiene que recorrer en un intervalo de tiempo dado. El elemento pared queda unido por un lado al cable y por otro al elemento fijo mediante pares de rotación.

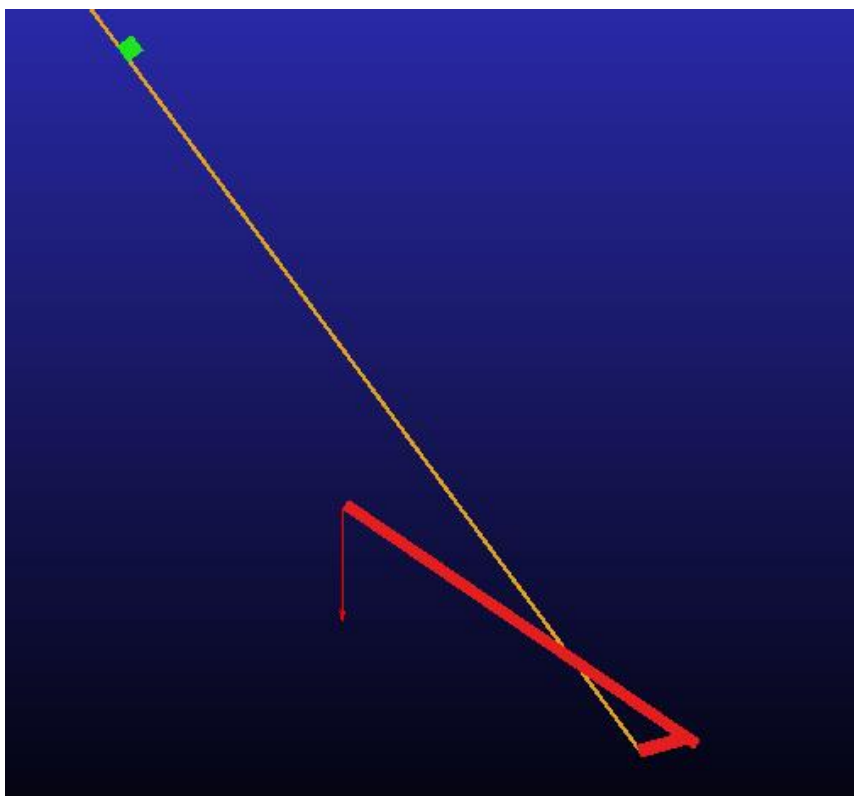
Introduciendo las dimensiones reales tanto para los elementos como para los respectivos pares cinemáticos consigue que el modelo se ajuste lo mayor posible a la realidad.

Se añadirán los pesos propios de cada componente, así como una carga extra en el extremo libre del elemento pared que simula el peso de los perfiles que conforman el techo de la estructura plegable, dado que estos permanecerán unidos a ella durante su movimiento. Estos datos serán divididos entre dos. De esta manera se analiza la carga que debe proporcionar en cada extremo de los paneles, igual a la carga que debe proporcionar cada cabrestante eléctrico.

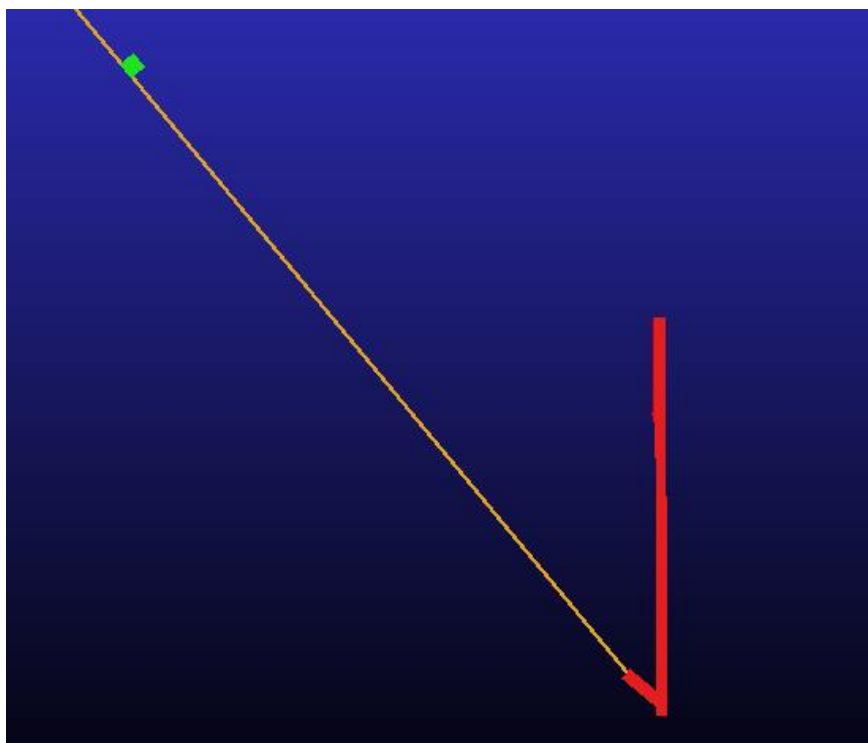
La simulación se puede observar en la Figura 147, Figura 148 y Figura 149, obteniendo un movimiento de rotación pura para el elemento pared con un recorrido de 90 grados.



*Figura 147. Simulación del modelo. Fuente propia*



*Figura 148. Simulación del modelo. Fuente propia*



*Figura 149. Simulación del modelo. Fuente propia*

Tras la simulación, los resultados obtenidos son los siguientes.

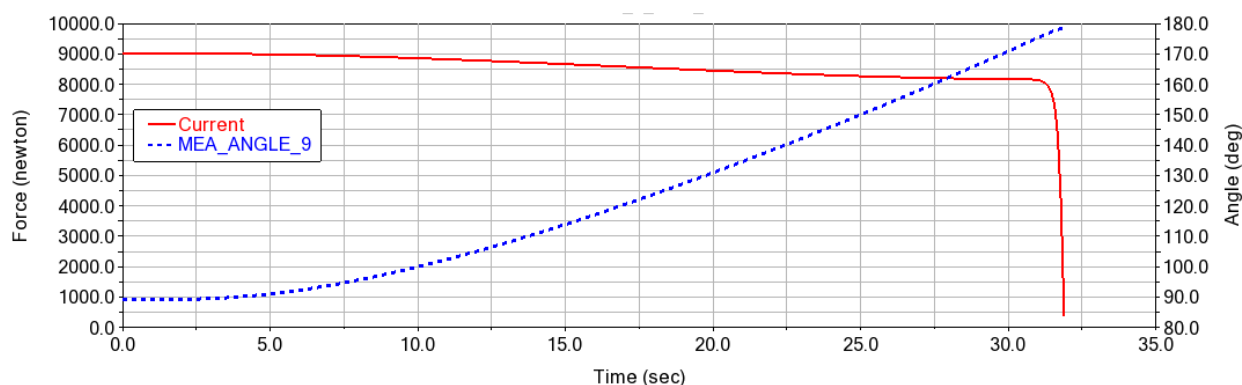


Figura 150. Esfuerzos en función del ángulo girado. Fuente propia

En primer lugar, se obtienen los esfuerzos en el par R que une el cable con el elemento pared (curva roja), equivalente a la fuerza que ha de ejercer el cabrestante eléctrico.

El esfuerzo máximo obtenido es de  $9001\text{N} \approx 900.1\text{Kg}$ . A medida que el ángulo de giro avanza, el par ejercido por la acción del cable disminuye debido a que su distancia respecto del punto de giro disminuye a su vez, sin embargo, al mismo tiempo disminuye de manera más notoria el momento resistente ejercido por la masa de la propia pared y de la carga aplicada. De ahí el aspecto de la gráfica.

El cabrestante eléctrico seleccionado tiene una fuerza de tracción máxima de  $1360\text{Kg}$ , por lo que es perfectamente capaz de realizar esta operación.

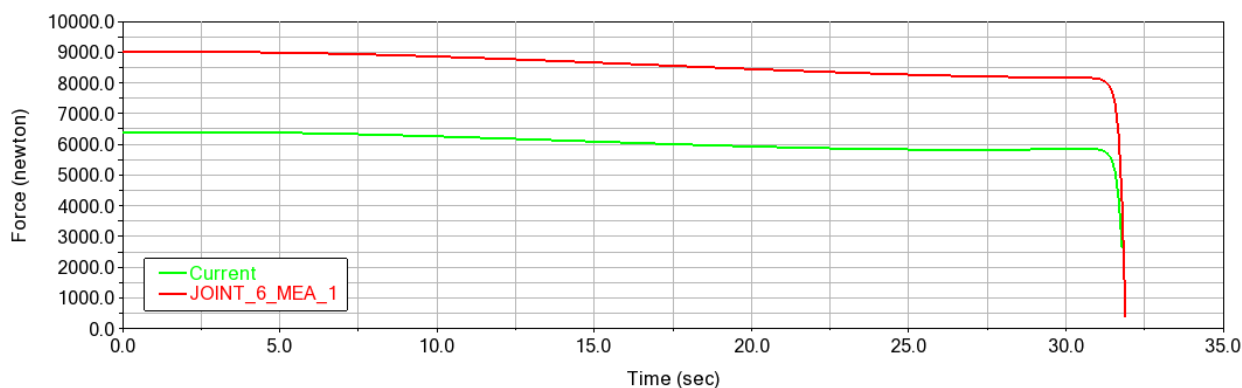


Figura 151. Esfuerzos de ambos pares R. Fuente propia

En la curva de color verde se aprecian los esfuerzos en las bisagras de la pared o par R que une el elemento pared al elemento fijo, garantizando un movimiento de rotación pura. El esfuerzo máximo obtenido es de  $6400\text{N} \approx 640\text{Kg}$  repartido entre la mitad de las bisagras existentes que unen ambos paneles. Aunque una sola bisagra soporte dicha carga, esta aguantará perfectamente dado que está calculada para trabajar con cargas de  $800\text{Kg}$  (ver apartado 4).

En la operación de compactación del contenedor, el suelo y la pared plegable han de plegarse para pasar a formar los paneles laterales del contenedor en forma compacta. En esta operación, los dos cabrestantes han de mover 2268Kg (entre suelo y pared plegable) que pivotan respecto de las bisagras de los largueros laterales inferiores. Conocidas las dimensiones de cada elemento se puede hallar la carga de tracción que debe de ejercer cada cabrestante. El caso más desfavorable es en el cual el suelo plegable se encuentra totalmente horizontal.

$$1166.5 \cdot 22680 = F \cdot 2333 ; F = 11340 \text{ N}$$

El cable forma un ángulo de 50 grados respecto de la horizontal, por lo que la fuerza de tracción total será.

$$F_{tot} = \frac{11340}{\cos(50)} = 17642 \text{ N}$$

Cada cabrestante ha de ejercer una fuerza de.

$$F_{cab} = 0.5 \cdot 17642 = 8821 \text{ N} \cong 882.1 \text{ Kg}$$

Esta fuerza es incluso inferior a la calculada anteriormente, por lo que el cabrestante cumple de todas formas.

Otro caso a tener en cuenta es la posibilidad de que, en el movimiento de la pared plegable, la fuerza ejercida de 900.1 Kg de cada cabrestante sea lo suficiente como para elevar el conjunto de pared y suelo plegable, siendo este un escenario a evitar.

Se realizará una comprobación calculando momentos.

Ambos cabrestantes ejercerán una fuerza combinada de 18000.2 N a 50 grados sobre la horizontal. La fuerza total vertical será.

$$F_v = 18000.2 \cdot \text{Sen}(50) = 11570 \text{ N}$$

El momento de vuelco será.

$$M_v = 11570 \cdot 1.949 = 22550 \text{ Nm}$$

El momento estabilizador será aquel generado por el peso propio de la estructura.

$$M_e = 22680 \cdot 1.166 = 26456 \text{ Nm} > 22550 \text{ Nm}$$

El momento estabilizador es un 17.3% mayor al de vuelco, por lo que el conjunto permanece correctamente apoyado en el suelo.



### 3. POSTES DE ESQUINA

Los postes de esquina deben de tener la capacidad de soportar tanto la carga vertical debida al peso de la subestructura superior, así como las cargas laterales debidas a la acción del viento.

Se considera una carga de nieve sobre la subestructura superior de 4.68 toneladas más 3.9 toneladas que aportan los laterales plegables a través de las bisagras.

La carga total asciende hasta las 10.96 toneladas, traduciéndose en 2.74 toneladas o 27400 N por cada poste.

Como carga lateral se toma aquella correspondiente a la incidencia del viento en los laterales del contenedor (calculada en el apartado 2.1.1), con una fuerza de 5225 N por cada poste. Esta carga se introduce en el punto de mayor altura de cada poste, siendo este el más desfavorable.

Se exporta el modelo 3D del conjunto de ambos postes de esquina, tanto interior como exterior. Tras importarlo al software de elementos finitos, mallarlo y añadir las condiciones de contorno, se obtiene el siguiente modelo.

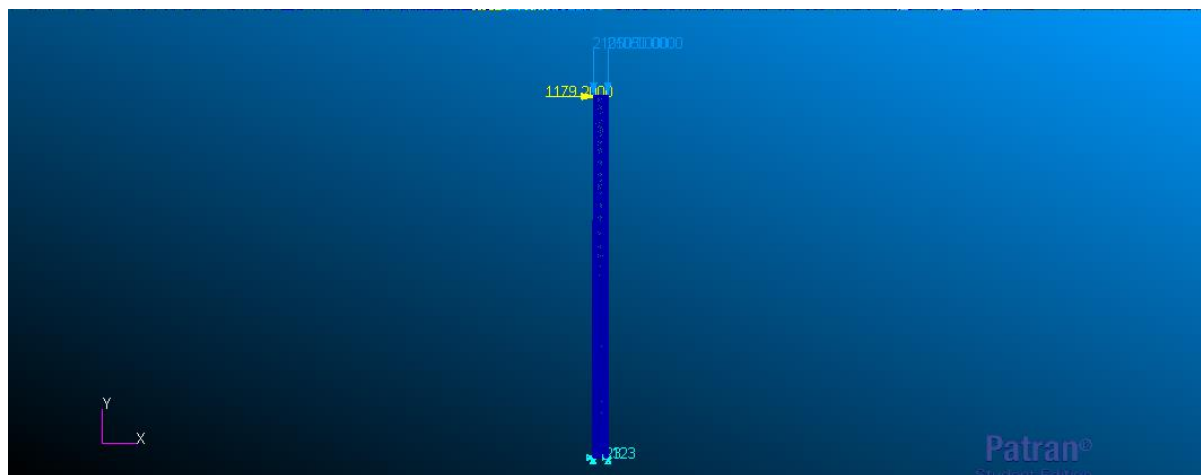


Figura 152. Modelo 3D MEF. Fuente propia.

Tras analizar el modelo, se obtienen los siguientes resultados.



Figura 153. Tensiones de Von Mises. Fuente propia.

Las tensiones máximas aparecen como 444 MPa, sin embargo, esta tensión aparece como concentración de tensiones en una pequeña zona del empotramiento. La tensión máxima aparece en la unión del poste con la esquinera, de magnitud 148 MPa. Se obtiene un coeficiente de seguridad de 1,85.

Por otra parte se obtienen los siguientes desplazamientos.

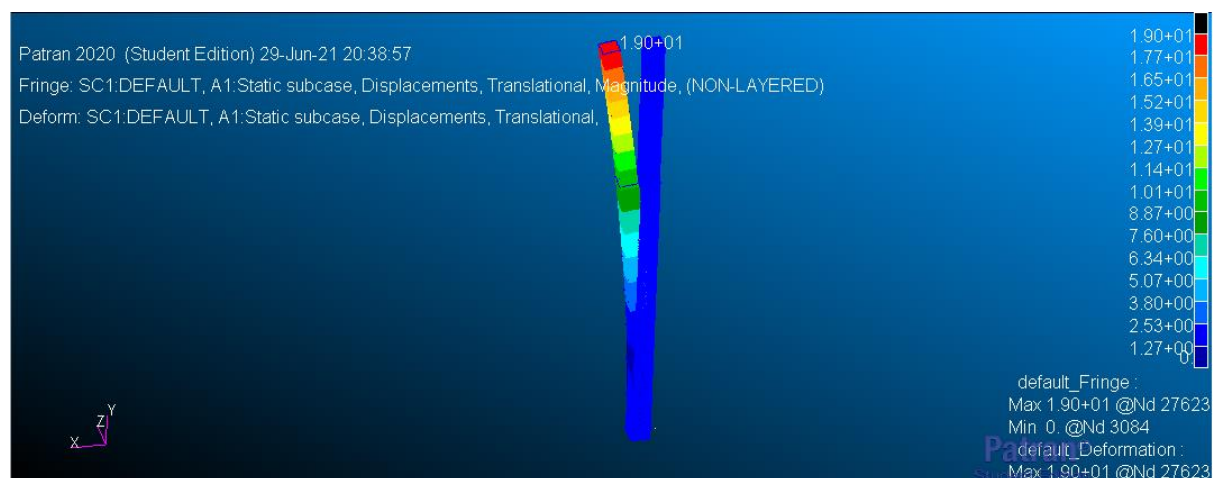


Figura 154. Desplazamientos en el modelo. Fuente propia.

El desplazamiento máximo asciende hasta los 19 milímetros. Sin embargo, en este modelo no se tiene en cuenta el momento resistente que ofrecen los elementos unidos a la parte superior del poste de esquina, así como la rigidez extra que proporcionan los paneles sándwich instalados. De esta forma, tanto las tensiones como los desplazamientos se reducirán de forma notoria, siendo el resultado de este análisis extremadamente conservador.

Para mantener la posición fija tras el movimiento de elevación de la subestructura superior, se instalará en cada poste un pasador de seguridad con retorno por muelle y bloqueo, de diámetro 30 milímetros.



Figura 155. Pasador de seguridad. Fuente: [achando.net](http://achando.net)

De esta forma, este puede soportar las tensiones de cortadura en el pasador y de aplastamiento en el orificio del poste.

$$\sigma_{apl} = \frac{27400 \text{ N}}{30\text{mm} \cdot 6\text{mm}} = 152.22 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{27400 \text{ N}}{\pi \cdot 15^2} = 38.76 \text{ MPa}$$

El coeficiente de seguridad mínimo obtenido es de 1,8.

## 4. CÁLCULO DE BISAGRAS

Para el cálculo de las bisagras se tendrán en cuenta las mayores cargas existentes entre el cálculo estático y el dinámico.

### 4.1. CARGAS

Las cargas que deben de soportar las bisagras se hallan dentro del modelo de la subestructura expandible lateral.

La bisagra que une el suelo con la pared consta de una tensión máxima de 20MPa. El elemento modelado como bisagra consta de una sección de 400mm<sup>2</sup>, por lo tanto, el esfuerzo máximo que soporta es de  $F = 20 \cdot 400 = 8000\text{N} \cong 800\text{Kg}$

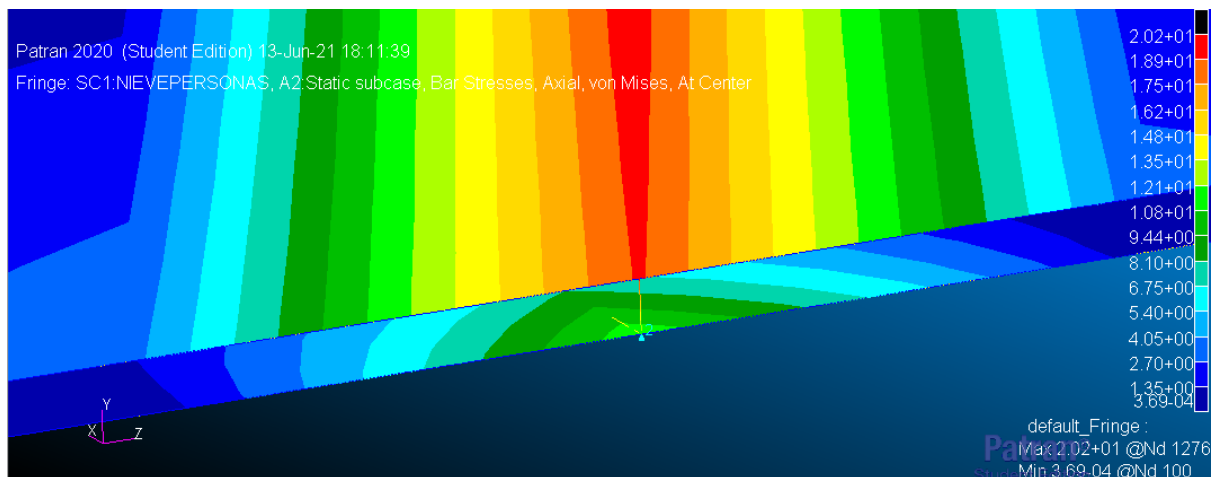


Figura 156. Bisagra suelo-pared. Fuente propia

La siguiente bisagra une la pared con la cubierta de la subestructura. Consta de una tensión máxima de 13.5Mpa. Por tanto, el esfuerzo máximo que soporta es de:

$$F = 13.5 \cdot 400 = 5400N \cong 540Kg$$

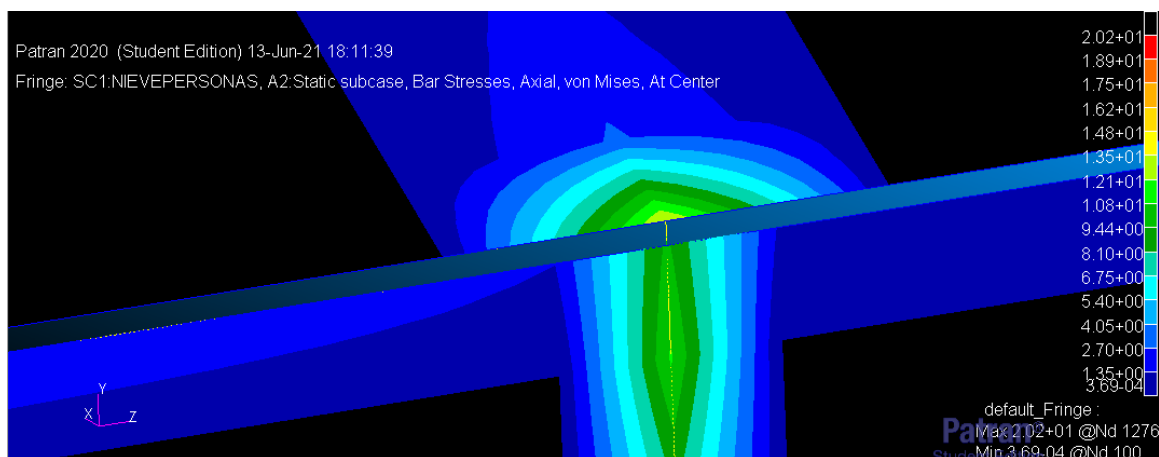


Figura 157. Bisagra pared-cubierta. Fuente propia

La siguiente bisagra une el suelo de la subestructura con el larguero lateral inferior de la estructura principal. Consta de una carga máxima vertical de 4623N  $\approx$  462,3Kg.

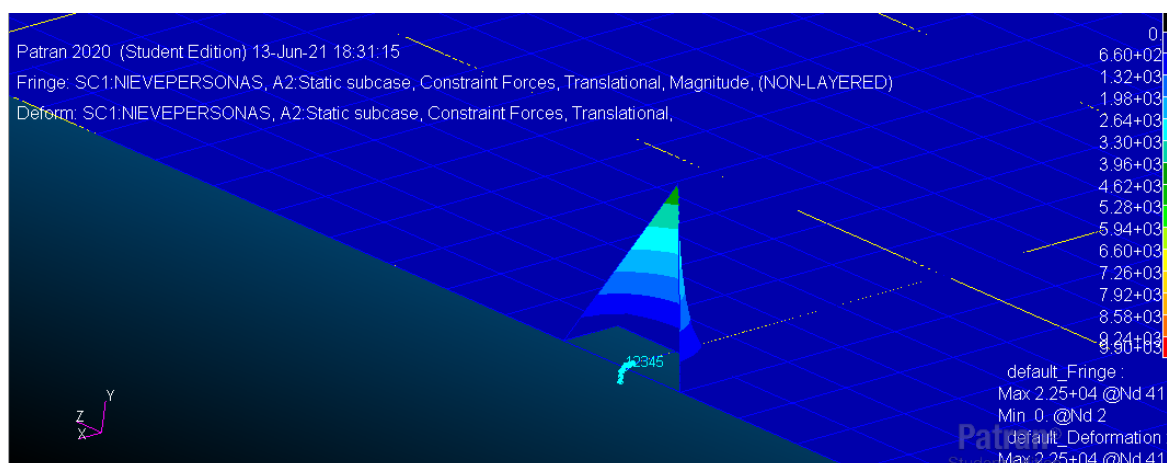


Figura 158. Bisagra suelo-suelo. Fuente propia

La última de las bisagras une la cubierta de la subestructura con la celosía de la estructura principal. Consta de una carga máxima de  $3300\text{N} \approx 330\text{Kg}$ .

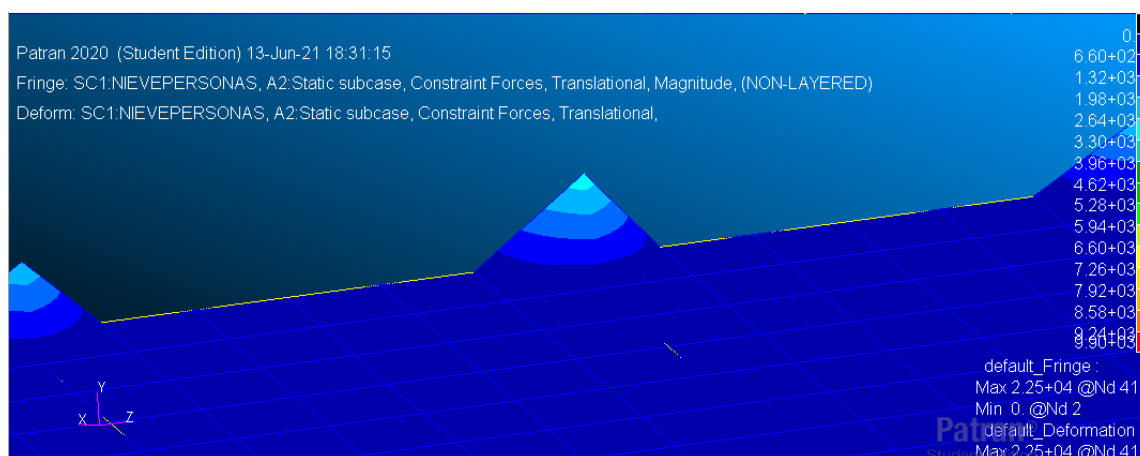


Figura 159. Bisagra cubierta-cubierta. Fuente propia

## 4.2. DISEÑO

Las bisagras que unen el suelo con la pared de la subestructura o tipo 1 constarán de un diseño diferente al de las demás (tipo 2) debido a que para esa zona se necesita un modelo más compacto para que no rompa la estética interior del contenedor.

Las bisagras tipo 1 se calcularán de forma analítica. Sus dimensiones son las siguientes:

- Diámetro exterior. 16mm
- Longitud tramo diámetro interior. 15mm
- Diámetro interior. 10mm
- Longitud tramo diámetro exterior. 20mm

En la siguiente figura se aprecia el modelo 3D correspondiente a dichas bisagras.

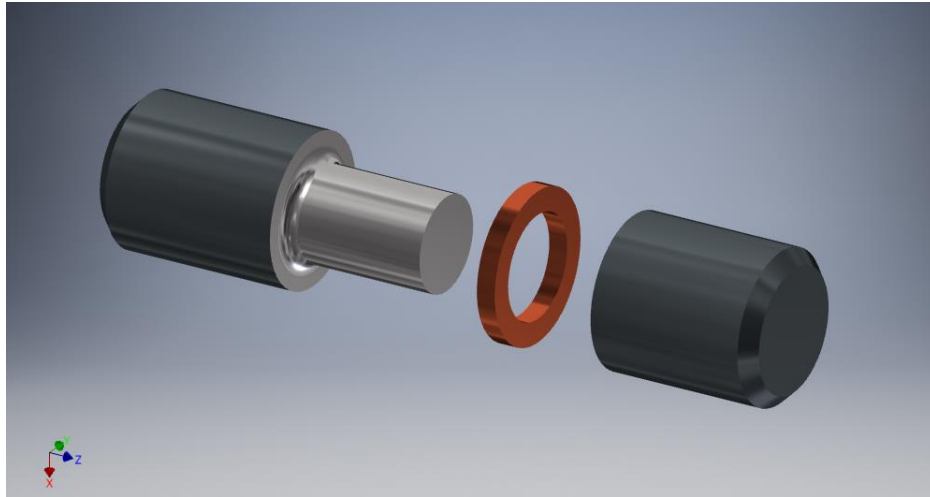


Figura 160. Bisagras tipo 1. Fuente propia

Se instalará una arandela de cobre que actúe como cojinete axial.

Suponemos que la carga de 800Kg se aplica en el punto intermedio del tramo de diámetro 10mm.

Cada una de las piezas quedará soldada en su diámetro exterior mediante dos cordones completos a lo largo de su longitud.

La sección crítica será aquella donde existe un cambio de diámetro, donde se prevén ciertas concentraciones de tensiones.

Las tensiones medias debidas al cortante son:

$$\tau = \frac{8000N}{\pi \cdot 5^2 mm^2} = 101.86 MPa$$

Las tensiones debidas al aplastamiento son:

$$\sigma_{aplast} = \frac{8000N}{10mm \cdot 25mm} = 53.3 MPa$$

Las tensiones debidas al momento flector son:

$$\sigma_{Mf} = \frac{8000N \cdot 7.5mm \cdot 5mm}{981.75mm^4} = 305.6 MPa$$

En un punto intermedio de la sección las tensiones serán menores, por lo que las tensiones máximas serán las debidas al momento flector. A través de la sección, el momento flector es máximo donde el cortante se hace nulo, por lo que la tensión máxima en la pieza es de 305.6 MPa.

En la sección crítica se prevén concentraciones de tensiones (a pesar de constar esta de un radio de redondeo de 1.5mm) por lo que se aplicará un coeficiente de seguridad generoso de 2, obteniendo una tensión de 611.15 MPa. La solución adoptada es aumentar la calidad del material, seleccionando un acero con límite elástico de 650MPa, dejando un coeficiente de seguridad final de 2,13.

El cálculo de las bisagras tipo 2 se ha realizado mediante herramientas de elementos finitos para obtener mayor precisión en las zonas donde las orejetas se curvan 90 grados.

El modelo queda realizado de forma tridimensional mediante un programa CAD y es exportado mediante un archivo de extensión “.x\_t” al software de elementos finitos, resultando en los modelos siguientes.

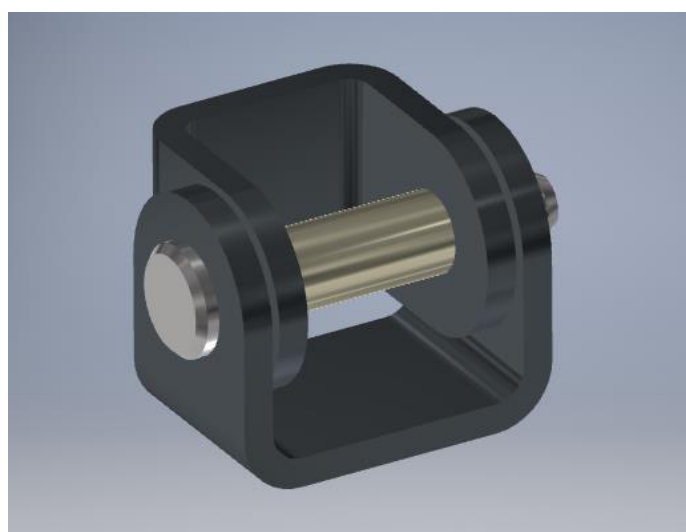


Figura 161. Modelo CAD. Fuente: elaboración propia

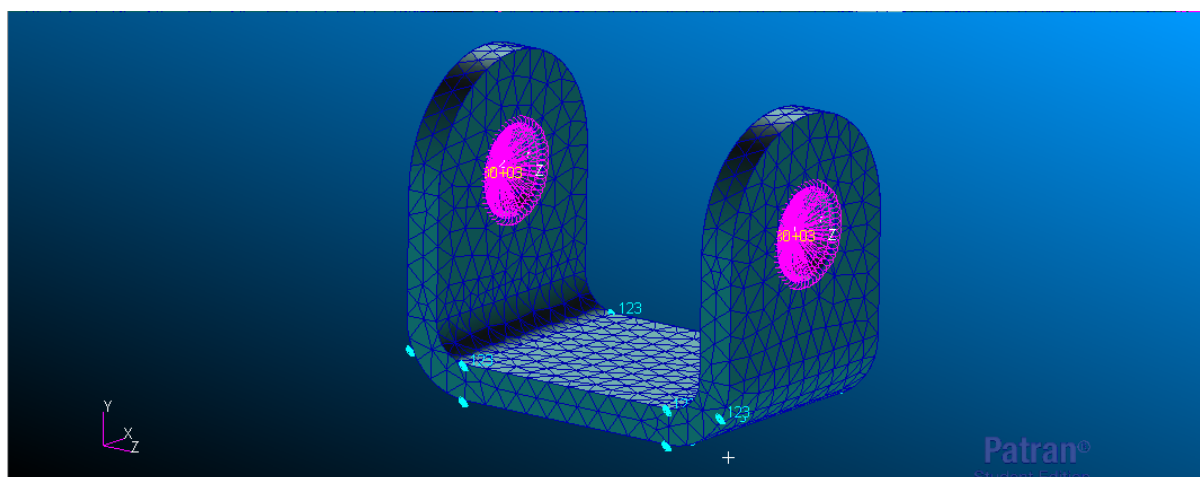


Figura 162. Modelo de la bisagra tipo 2. Fuente: elaboración propia



En las zonas de curvatura inferiores se realizará un mallado más fino dado que se prevén concentraciones de tensiones.

La carga máxima que soportan estas bisagras es de 540Kg, aplicada a lo largo del eje “x” debido a que es la dirección más desfavorable en la que aplicar la carga.

Las restricciones de desplazamiento se aplicarán en el canto de la pieza y la carga se aplicará uniformemente sobre la superficie interior circular mediante una función PCL y un MPC (Multi Point Constraint).

Tras su análisis, se obtienen los siguientes resultados

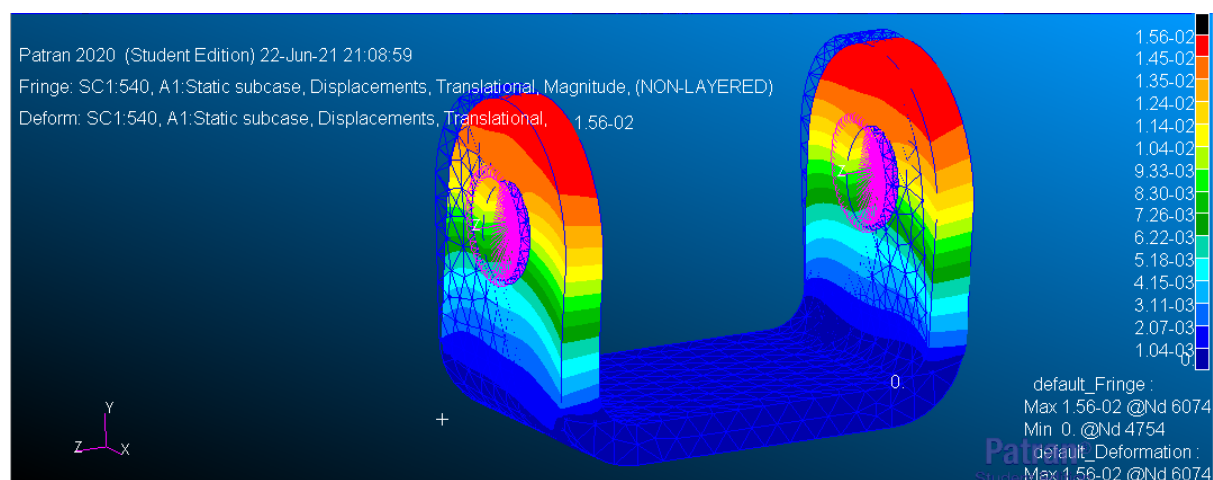


Figura 163. Deformada de la bisagra tipo 2. Fuente: elaboración propia

La deformada máxima se sitúa en  $1.56 \times 10^{-2}$  milímetros o 15.6 micras, por lo que su desalineamiento será mínimo.

Las tensiones de Von Mises son las siguientes.

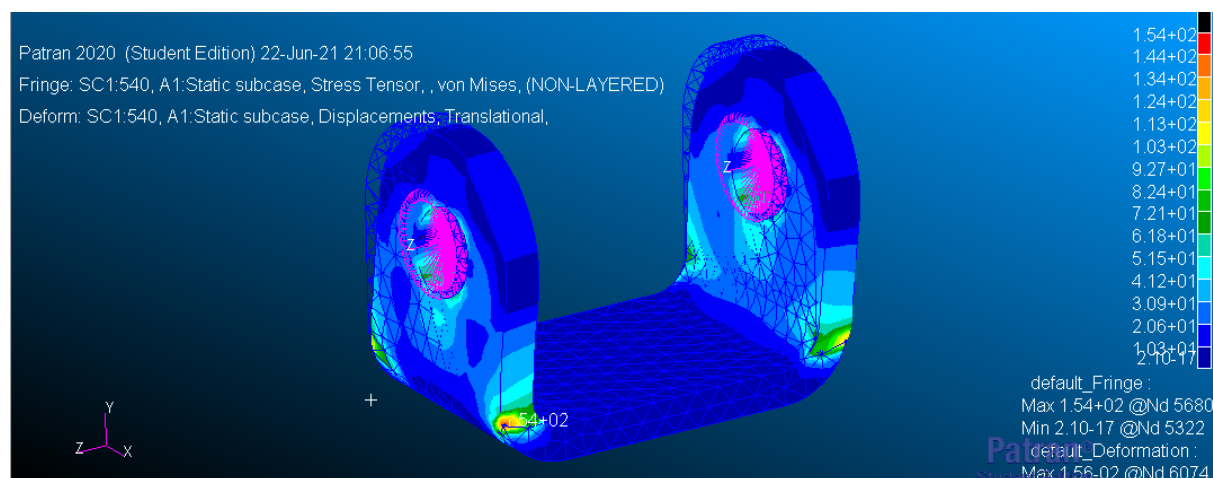


Figura 164. Tensiones de Von Mises experimentadas por la bisagra tipo 2. Fuente: elaboración propia

La tensión máxima experimentada resulta ser de 154MPa en las zonas donde el momento flector es máximo. El coeficiente de seguridad queda en 1,78.

En los orificios interiores las tensiones máximas son de 72.1MPa.

## 5. CÁLCULO DE APOYOS

### 5.1. CARGAS

Las cargas que reciben los puntos de apoyo se hallarán atendiendo a las restricciones de movimiento, donde se podrá visualizar la fuerza de reacción ejercida en cada caso.

Para los cinco apoyos situados en el suelo plegable, las cargas que soportan son las que aparecen en la siguiente figura.

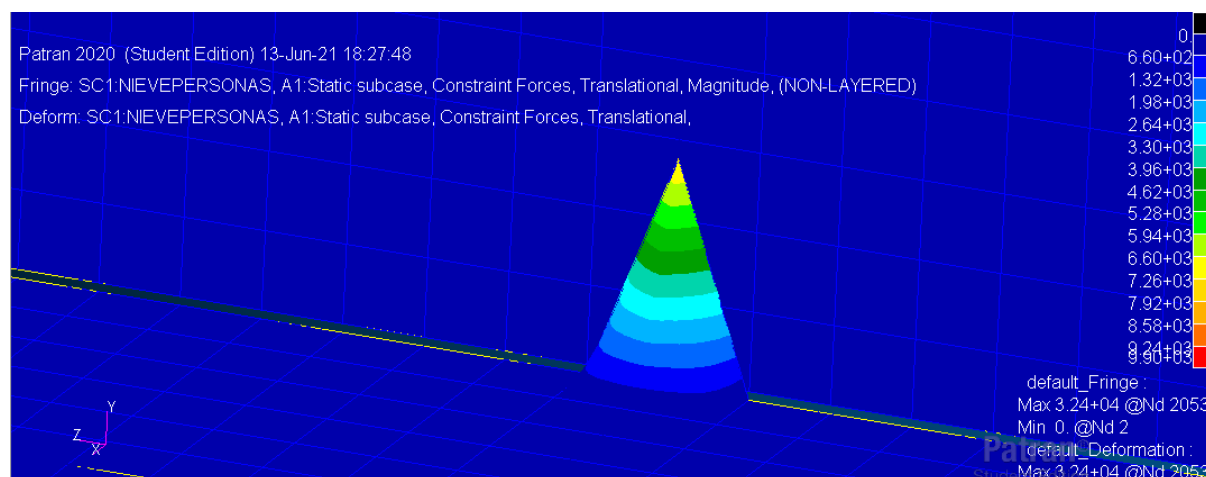


Figura 165. Fuerzas en las restricciones de movimiento. Suelo plegable. Fuente: elaboración propia

La carga máxima que ha de soportar cada apoyo en este caso es de 7920N  $\approx$  792Kg.

Para el caso de los apoyos localizados en los largueros laterales inferiores de la estructura principal, las fuerzas que soportan serán mayores.

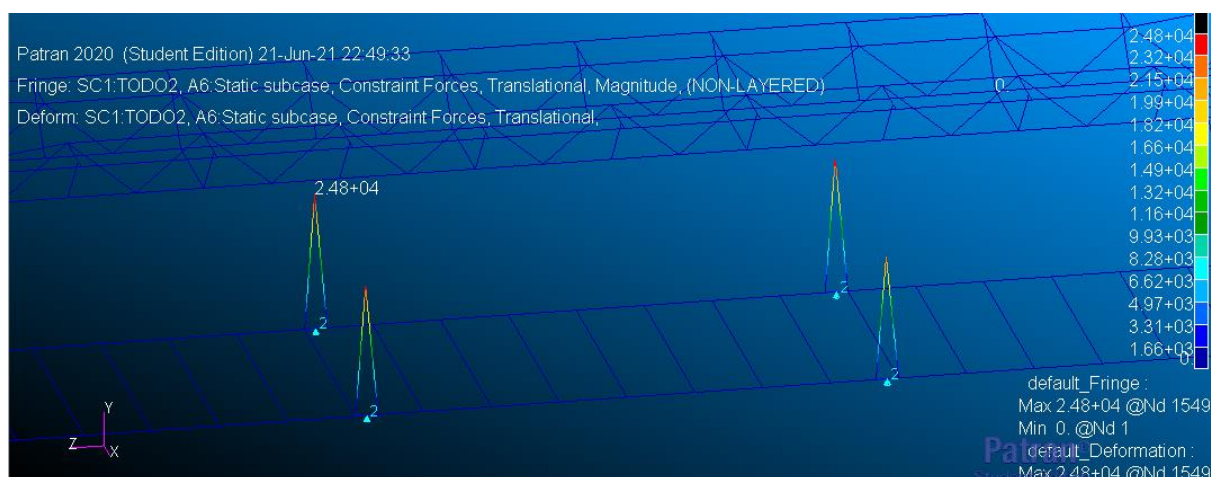


Figura 166. Fuerzas en las restricciones de movimiento. Estructura principal. Fuente: elaboración propia

Estas fuerzas ascienden hasta los  $24800\text{N} \approx 2480\text{Kg}$ . Son en torno a tres veces mayores a las del caso anterior. Sin embargo, por cuestiones de simplicidad ambos apoyos constarán de una misma sección resistente y una misma longitud entre sus orificios de regulación de altura, por lo que su cálculo será idéntico.

## 5.2. DISEÑO

El diseño se realizará mediante herramientas de elementos finitos dado que los apoyos constan de una serie de orificios consecutivos para regular su altura sobre los cuales los cálculos analíticos no son capaces de aportar suficiente precisión.

El modelo es generado de la misma forma que en el apartado anterior, obteniendo lo siguiente.

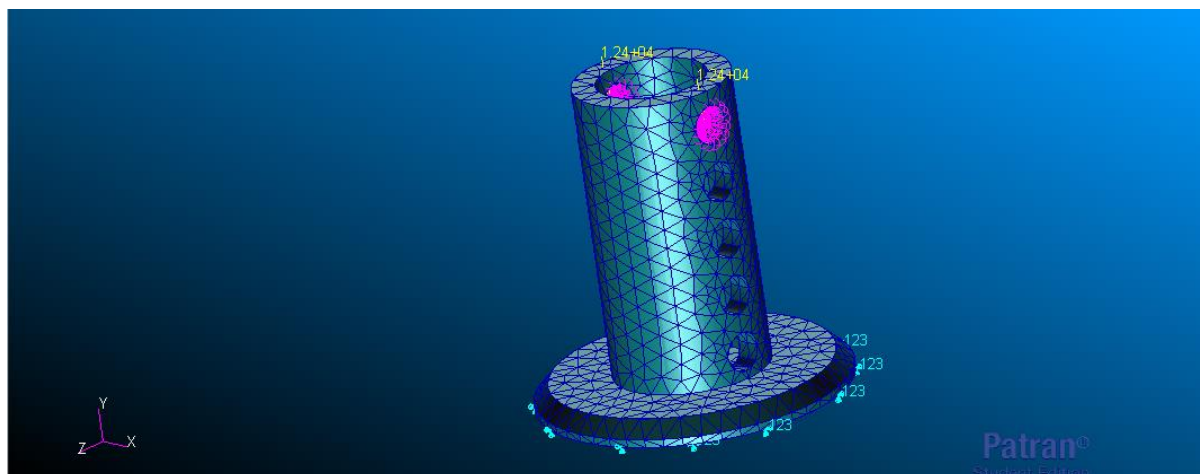


Figura 167. Modelo tridimensional de los apoyos. Fuente: elaboración propia

Cada orificio por donde atravesará el pasador se llevará la mitad de la carga total recibida por el apoyo, aplicándose mediante el mismo método que en el caso de las bisagras para garantizar una presión uniforme en los orificios.

El mallado será más fino en las zonas de los orificios dado que es donde se prevén mayores cambios de tensión.

Las restricciones de movimiento se localizarán en la zona de apoyo con el suelo del elemento.

Tras el análisis del modelo se obtienen los siguientes resultados.

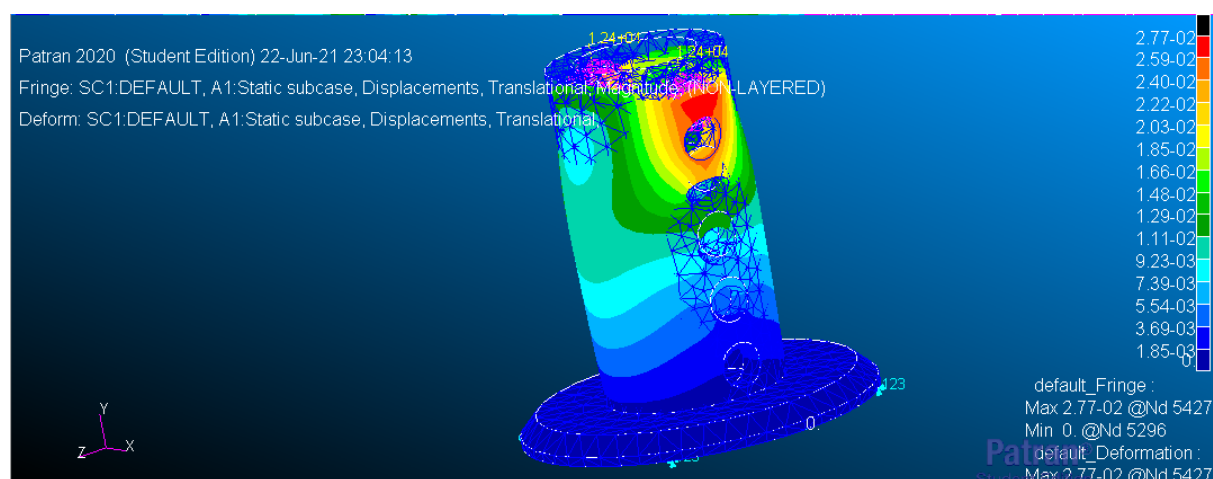


Figura 168. Desplazamientos máximos de cada apoyo. Fuente: elaboración propia

Las tensiones de Von Mises que experimentará cada apoyo son:

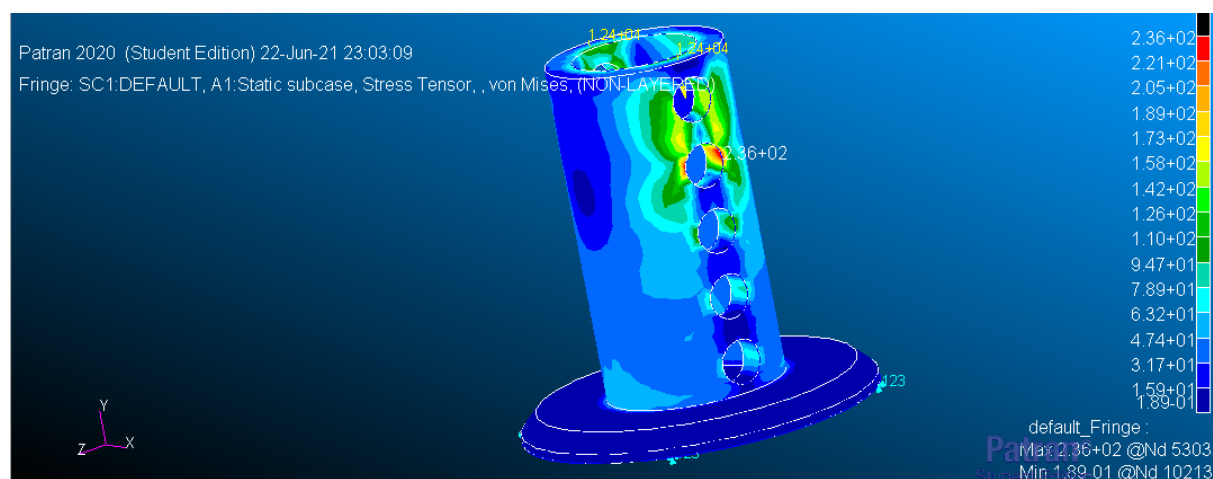


Figura 169. Tensiones de Von Mises experimentadas por cada apoyo. Fuente: elaboración propia

En la figura se puede observar el flujo de las tensiones de cortadura desde el orificio donde se aplica la carga hasta el orificio inmediatamente inferior. Aparecen unas pequeñas concentraciones de tensiones en el orificio inferior dada su cercanía y posición respecto al punto de aplicación de la carga. Las tensiones máximas ascienden hasta los 236MPa. La

solución adoptada es el aumento de calidad del material hasta los 355MPa de límite elástico (acero S355JR). De esta forma se obtiene un coeficiente de seguridad de 1,5.

## 6. UNIONES PERMANENTES Y DESMONTABLES

### 6.1. UNIONES SOLDADAS

#### 6.1.1. Estructura principal

El cálculo de soldaduras de la estructura principal se realizará en base a las tensiones obtenidas en las uniones tras su análisis mediante las herramientas de elementos finitos. Se trata de soldaduras en ángulo alrededor de toda la sección de cada elemento, sin preparación de bordes.

La normativa respectiva al Código Técnico de la Edificación, aplicable a estructuras, establece un espesor mínimo de garganta de 4 milímetros para prevenir la rotura frágil en este caso.

Las tensiones obtenidas se suponen como tensiones en el plano de garganta dado que de esta forma se está trabajando del lado de la seguridad obteniendo una tensión de comparación mayorada por un valor de 1,8.

La tensión máxima obtenida en cualquier unión de la estructura resulta ser de 116MPa (ver Figura 111).

La tensión de comparación obtenida es la siguiente.

$$\sigma_{co} = \sqrt{0 + 1.8 \cdot 116^2} = 116 \cdot \sqrt{1.8} = 155.63 \text{ MPa}$$

El material de aporte de la soldadura ha de ser más resistente que el material de los elementos a unir ( $\sigma_y \geq 275 \text{ MPa}$ ).

El coeficiente de seguridad resultante es de 1,77.

#### 6.1.2. Elementos auxiliares

El cálculo de soldaduras de los demás elementos acoplados a la estructura mediante este método de unión se realizará mediante la ayuda de un asistente de cálculo de soldaduras, donde se tendrá que definir la geometría del cordón, el tipo de carga aplicada y las propiedades del material de aportación.

Para el cálculo se escogerá el método de tensiones de comparación, dado que es el mismo que se ha empleado anteriormente.

La resistencia del material de aportación será la mínima entre ambos materiales a unir, 275 MPa.

El espesor de garganta tendrá un valor mínimo de 4 milímetros y el coeficiente de seguridad oscilará entre 1,5 y 2.

-Bisagra tipo 1 (ver apartado 4.2):

Se introducirá la carga máxima aplicada, así como las siguientes cotas, de forma que la soldadura quede completamente definida. Seguidamente se procede a realizar el cálculo correspondiente.

**Cargas**

Fuerza de plegado  $F_y$  8000 >

Brazo de fuerza  $e$  8.5 >

**Cotas**

Altura de soldadura  $a$  4 >

Altura de grupo de soldadura  $H$  4 >

Anchura de grupo de soldadura  $B$  17 >

**Material y propiedades de la junta**

☐ Material de usuario

Límite de elasticidad  $S_y$  275 >

Resistencia máxima a tracción  $S_u$  300 MPa >

Coeficiente de seguridad  $n_s$  2 >

Tensión admitida  $S_{al}$  137,500 MPa >

Factor de conversión de unión por soldadura para:

- Soldadura de empalme inicial  $\alpha_1$  0,750 su >

- Soldadura de empalme lateral  $\alpha_2$  0,650 su >

**Forma de soldadura**

☐ Procedimiento de cálculo estándar

☒ Método de tensiones comparativas

☐ Solo se tiene en cuenta la longitud de soldadura activa

**Cargas de soldadura**

**Resultados**

$\sigma_A$	137,500 MPa
$a_{min}$	2,300 mm
$\tau$	58,824 MPa
$\sigma_S$	78,431 MPa
$F_{ymax}$	14025,000 N

13:33:01 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.

Figura 170. Cálculo de soldaduras, bisagra tipo 1. Fuente: elaboración propia

La tensión de comparación obtenida es de 78.43 MPa, un valor totalmente inferior al de la tensión admisible (137.5 MPa).

### **Bisagras tipo 2 (ver apartado 4.2)**

Se introducirá la carga máxima aplicada, así como las siguientes cotas, de forma que la soldadura quede completamente definida. Seguidamente se procede a realizar el cálculo correspondiente.


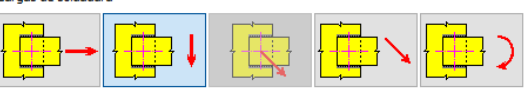
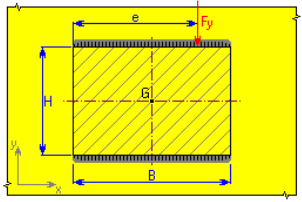
<b>Cargas</b> Fuerza de plegado $F_y$ 5500 Brazo de fuerza $e$ 25	<b>Forma de soldadura</b> 	<b>Cálculo de soldadura cargada estáticamente</b> <input type="radio"/> Procedimiento de cálculo estándar <input checked="" type="radio"/> Método de tensiones comparativas <input type="checkbox"/> Solo se tiene en cuenta la longitud de soldadura activa	<b>Resultados</b> $\sigma_A$ 137,500 MPa $a_{min}$ 0,820 mm $\tau$ 20,663 MPa $\sigma_S$ 27,661 MPa $F_{ymax}$ 27339,500 N
<b>Cotas</b> Altura de soldadura $a$ 4 Altura de grupo de soldadura $H$ 40 Anchura de grupo de soldadura $B$ 40	<b>Cargas de soldadura</b> 		
<b>Material y propiedades de la junta</b> <input type="checkbox"/> Material de usuario Límite de elasticidad $S_y$ 275 Resistencia máxima a tracción $S_u$ 300 MPa Coeficiente de seguridad $n_s$ 2 Tensión admitida $S_{al}$ 137,500 MPa Factor de conversión de unión por soldadura para: - Soldadura de empalme inicial $\alpha_1$ 0,750 su - Soldadura de empalme lateral $\alpha_2$ 0,650 su			
13:36:04 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.			

Figura 171 Cálculo de soldaduras, bisagra tipo 2. Fuente: elaboración propia

La tensión de comparación obtenida es de 27.66 MPa, un valor ínfimo respecto al de la tensión admisible (137.5 MPa).

### **Placas de apoyo apoyos largueros laterales inferiores (ver apartado 5.3):**

Se introducirá la carga máxima aplicada, así como las siguientes cotas, de forma que la soldadura quede completamente definida. Seguidamente se procede a realizar el cálculo correspondiente.




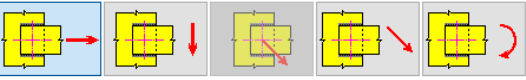
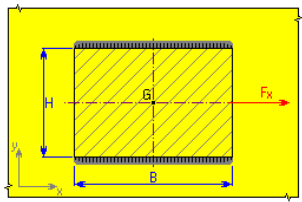

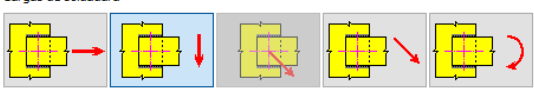
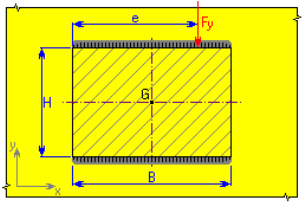
<b>Cargas</b> Fuerza axial $F_x$ 12500	<b>Forma de soldadura</b> 	<b>Cálculo de soldadura cargada estáticamente</b> <input type="radio"/> Procedimiento de cálculo estándar <input checked="" type="radio"/> Método de tensiones comparativas <input type="checkbox"/> Solo se tiene en cuenta la longitud de soldadura activa	<b>Resultados</b> $\sigma_A$ 137,500 MPa $a_{min}$ 1,170 mm $\tau$ 26,042 MPa $\sigma_S$ 40,064 MPa $F_{xmax}$ 42900,000 N
<b>Cotas</b> Altura de soldadura $a$ 4 Altura de grupo de soldadura $H$ 6 Anchura de grupo de soldadura $B$ 60	<b>Cargas de soldadura</b> 		
<b>Material y propiedades de la junta</b> <input type="checkbox"/> Material de usuario Límite de elasticidad $S_y$ 275 Resistencia máxima a tracción $S_u$ 300 MPa Coeficiente de seguridad $n_s$ 2 Tensión admitida $S_{al}$ 137,500 MPa Factor de conversión de unión por soldadura para: - Soldadura de empalme inicial $\alpha_1$ 0,750 su - Soldadura de empalme lateral $\alpha_2$ 0,650 su			
13:38:07 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.			

Figura 172 Cálculo de soldaduras, placas de apoyo. Fuente: elaboración propia

La tensión de comparación obtenida es de 40.1 MPa, un valor totalmente inferior al de la tensión admisible (137.5 MPa).

### **Soportes aire acondicionado interior**

Se introducirá la carga máxima aplicada, así como las siguientes cotas, de forma que la soldadura quede completamente definida. Seguidamente se procede a realizar el cálculo correspondiente.

<b>Cargas</b> Fuerza de plegado $F_y$ 200 Brazo de fuerza $e$ 10	<b>Forma de soldadura</b> 	<b>Cálculo de soldadura cargada estáticamente</b> <input checked="" type="radio"/> Procedimiento de cálculo estándar <input type="radio"/> Método de tensiones comparativas <input type="checkbox"/> Solo se tiene en cuenta la longitud de soldadura activa	<b>Resultados</b> $\tau_A$ 110,000 MPa $a_{min}$ 0,100 mm $\tau$ 1,250 MPa $F_{ymax}$ 17599,900 N
<b>Cotas</b> Altura de soldadura $a$ 4 Altura de grupo de soldadura $H$ 5 Anchura de grupo de soldadura $B$ 20	<b>Cargas de soldadura</b> 		
<b>Material y propiedades de la junta</b> <input type="checkbox"/> Material de usuario Límite de elasticidad $S_y$ 275 Resistencia máxima a tracción $S_u$ 300 MPa Coeficiente de seguridad $n_s$ 2,500 su Tensión admitida $S_{al}$ 110,000 MPa			

13:39:37 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.

Figura 173 Cálculo de soldaduras, soportes AC interior. Fuente: elaboración propia

La tensión de comparación obtenida es de 1.25 MPa, un ridículo frente al de la tensión admisible (137.5 MPa).

### **Chapa cabrestante eléctrico (ver apartado 5.7.3)**

Se introducirá la carga máxima aplicada, así como las siguientes cotas, de forma que la soldadura quede completamente definida. Seguidamente se procede a realizar el cálculo correspondiente.


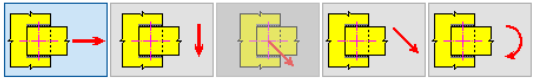
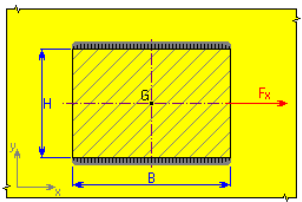
<b>Cargas</b> Fuerza axial $F_x$ 14000	<b>Forma de soldadura</b> 	<b>Cálculo de soldadura cargada estáticamente</b> <input type="radio"/> Procedimiento de cálculo estándar <input checked="" type="radio"/> Método de tensiones comparativas <input type="checkbox"/> Solo se tiene en cuenta la longitud de soldadura activa	<b>Resultados</b> $\sigma_A$ 130,000 MPa $a_{min}$ 0,840 mm $\tau$ 17,500 MPa $\sigma_S$ 26,923 MPa $F_{xmax}$ 67600,000 N
<b>Cotas</b> Altura de soldadura $a$ 4 Altura de grupo de soldadura $H$ 60 Anchura de grupo de soldadura $B$ 100	<b>Cargas de soldadura</b> 		
<b>Material y propiedades de la junta</b> <input type="checkbox"/> Material de usuario Límite de elasticidad $S_y$ 195 MPa Resistencia máxima a tracción $S_u$ 300 MPa Coeficiente de seguridad $n_s$ 1,500 su Tensión admitida $S_{al}$ 130,000 MPa Factor de conversión de unión por soldadura para: - Soldadura de empalme inicial $\alpha_1$ 0,750 su - Soldadura de empalme lateral $\alpha_2$ 0,650 su			
			
13:43:56 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.			

Figura 174 Cálculo de soldaduras, chapa cabrestante eléctrico. Fuente: elaboración propia

La tensión de comparación obtenida es de 26.92 MPa, un valor ínfimo frente al de la tensión admisible (137.5 MPa).

### **Elemento de cierre de forma, unión desmontable (ver apartado 5.6)**

Se introducirá la carga máxima aplicada, así como las siguientes cotas, de forma que la soldadura quede completamente definida. Seguidamente se procede a realizar el cálculo correspondiente.

En este caso, el coeficiente de seguridad se disminuye hasta un valor de 1,5.

Se calcularán las tensiones bajo el caso de cortante puro y bajo el de torsor puro. Se sumarán las tensiones máximas de ambos casos para determinar la tensión total de comparación.


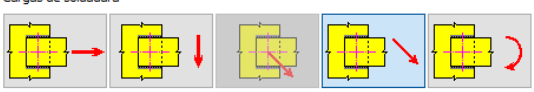
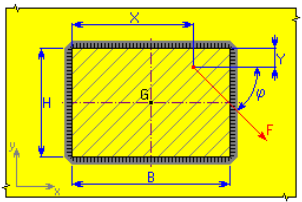
<b>Cargas</b> Fuerza actuante $F$ 9001 N Dirección de ángulo de fuerza actuante $\varphi$ 50 gr X de punto de acción de fuerza $X$ 24,5 mm Y de punto de acción de fuerza $Y$ 24,5 mm	<b>Forma de soldadura</b> 	<b>Cálculo de soldadura cargada estáticamente</b> <input type="radio"/> Procedimiento de cálculo estándar <input checked="" type="radio"/> Método de tensiones comparativas <input type="checkbox"/> Solo se tiene en cuenta la longitud de soldadura activa	<b>Resultados</b> $\sigma_A$ 183,333 MPa $a_{min}$ 0,400 mm $\tau$ 6,560 MPa $\sigma_S$ 10,093 MPa $F_{max}$ 163496,500 N
<b>Cotas</b> Altura de soldadura $a$ 7 mm Altura de grupo de soldadura $H$ 49 mm Anchura de grupo de soldadura $B$ 49 mm	<b>Cargas de soldadura</b> 		
<b>Material y propiedades de la junta</b> <input type="checkbox"/> Material de usuario Límite de elasticidad $S_y$ 275 Resistencia máxima a tracción $S_u$ 300 MPa Coeficiente de seguridad $n_s$ 1,500 su Tensión admisible $S_{al}$ 183,333 MPa Factor de conversión de unión por soldadura para: - Soldadura de empalme inicial $\alpha_1$ 0,750 su - Soldadura de empalme lateral $\alpha_2$ 0,650 su			
			
14:19:18 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.			

Figura 175 Cálculo de soldaduras, elemento de cierre de forma. Fuente: elaboración propia

La tensión de comparación obtenida es de 10.1 MPa, un valor totalmente inferior al de la tensión admisible (183.33 MPa).



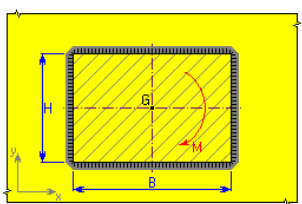
<b>Cargas</b> Momento flector $M$ 3456 N m	<b>Forma de soldadura</b> 	<b>Cálculo de soldadura cargada estáticamente</b> <input type="radio"/> Procedimiento de cálculo estándar <input checked="" type="radio"/> Método de tensiones comparativas <input type="checkbox"/> Solo se tiene en cuenta la longitud de soldadura activa	<b>Resultados</b> $\sigma_A$ 183,333 MPa $a_{min}$ 6,410 mm $\tau$ 109,051 MPa $\sigma_S$ 167,771 MPa $M_{max}$ 3776,570 N m
<b>Cotas</b> Altura de soldadura $a$ 7 Altura de grupo de soldadura $H$ 49 Anchura de grupo de soldadura $B$ 49	<b>Cargas de soldadura</b> 		
<b>Material y propiedades de la junta</b> <input type="checkbox"/> Material de usuario Límite de elasticidad $S_y$ 275 Resistencia máxima a tracción $S_u$ 300 Coeficiente de seguridad $n_s$ 1,500 su Tensión admisible $S_{al}$ 183,333 MPa Factor de conversión de unión por soldadura para: - Soldadura de empalme inicial $\alpha_1$ 0,750 su - Soldadura de empalme lateral $\alpha_2$ 0,650 su			
			
13:55:40 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.			

Figura 176 Cálculo de soldaduras, elemento de cierre de forma. Fuente: elaboración propia

La tensión de comparación obtenida es de 167.78 MPa, inferior al de la tensión admisible (183.33 MPa).

Sumando ambos valores obtenidos se obtiene la siguiente tensión.

$$\sigma_{co\ total} = 10.1 + 167.78 = 177.88\ MPa$$

El valor es ligeramente inferior al de la tensión admisible, obteniendo un coeficiente de seguridad de 1,54.

## 6.2. UNIONES ATORNILLADAS

### 6.2.1. Paneles frontal y posterior desmontables

Estos paneles se instalan una vez los laterales del contenedor se encuentran totalmente expandidos (ver apartado 5.6).

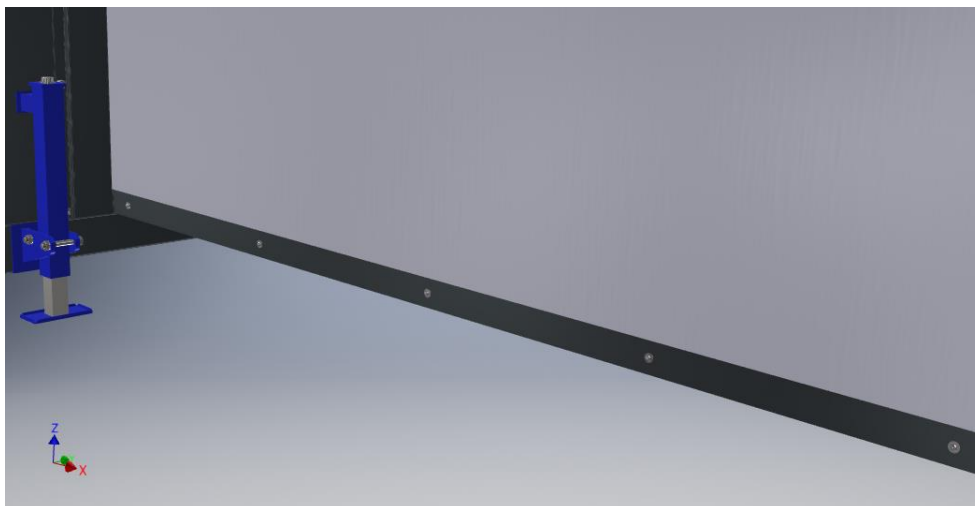


Figura 177. Unión atornillada paneles frontal y posterior desmontables. Fuente: elaboración propia

Para calcular dicha unión, se tendrán en cuenta las cargas de viento de succión aplicadas a dicho panel.

Atendiendo al CTE, la carga de viento es de -1.56 kN/m para una sección de 0.7 metros de ancho y de -1.04 kN/m para la sección restante del panel, de 1.63 metros de ancho.

La carga total será de.

$$Q_{tot} = -1.56 \cdot 0.7 \cdot 2.205 - 1.04 \cdot 1.63 \cdot 2.205 = 6.14\ kN$$

El número total de pernos es de 10, por lo que cada uno de ellos recibe una carga de 614 N.

Se introduce un coeficiente de seguridad para mayorar la carga por perno de 2.

La carga por perno asciende a los P=1228 N.

El grado de calidad escogido será 8.8, un grado bastante común y con unos precios relativamente moderados en el mercado. La tensión de prueba es  $\sigma_p = 600 \text{ MPa}$ .

La unión atornillada no deberá de soportar ningún esfuerzo cortante más allá del propio peso del panel, por lo que el dimensionado se realizará únicamente atendiendo a las fuerzas de tracción sobre el perno. La sección del perno ha de ser:

$$A = \frac{P}{\sigma_p} = \frac{1228}{600} = 2.04 \text{ mm}^2 \rightarrow 5 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{rosca M3}$$

Por comodidad a la hora de realizar el montaje se escogerán pernos de métrica M6 ( $A=20.1 \text{ mm}^2$ ) dado que las métricas más pequeñas son más difíciles de insertar en sus orificios. Además, el rango de precios entre ambas medidas no varía apenas.

La fuerza de precarga será  $F_i = 0.6 \cdot \sigma_p \cdot A = 7236 \text{ N}$

Se introduce un coeficiente del 60% dado que se necesita la precarga justa para que la unión no se suelte.

$$\text{Fuerza ejercida sobre el perno: } F_p = F_i + \frac{P \cdot K_b}{K_b + K_m}$$

$$\text{Fuerza ejerida sobre la lámina: } F_m = -F_i + \frac{P \cdot K_m}{K_b + K_m}$$

Las rigideces del perno  $K_b$  y de la lámina  $K_m$  se calculan de la siguiente forma.

$$K_b = \frac{A \cdot E}{L}$$

$$K_m = \frac{\tilde{A} \cdot E}{L}$$

Donde  $L$  es el espesor de la lámina,  $E$  es el módulo de elasticidad y  $\tilde{A}$  el área de la lámina afectada por la carga, que se calcula de la siguiente forma.

$$\tilde{A} = d^2 + 0.68d \cdot g + 0.65g^2 = 6^2 + 0.68 \cdot 1 + 0.65 \cdot 1^2 = 40.145 \text{ mm}^2$$

Donde  $d$  es el diámetro del orificio y  $g$  es el espesor de la lámina. Las rigideces resultan ser.

$$K_b = \frac{20.1 \cdot 210000}{1} = 4221000 \text{ N/mm}$$

$$K_m = \frac{40.415 \cdot 210000}{1} = 8430450 \text{ N/mm}$$

Finalmente, la fuerza que se lleva cada elemento es la siguiente.

$$F_p = 7645 \text{ N (tracción)} \quad ; \quad F_m = -6418 \text{ N (compresión)}$$

Las tensiones resultantes serán.

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A} = 380.35 \text{ MPa} < 600 \text{ MPa} \quad ; \quad \sigma_m = \frac{F_m}{\bar{A}} = -159.9 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa}$$

Ambas partes cumplen los requisitos de tensión correspondientes, por lo que el diseño es válido.

Los tornillos quedarán roscados en una serie de pernos con rosca interior soldables mediante soldadura a tope por resistencia a los propios marcos del suelo y pared plegables.



Figura 178. Pernos con rosca interior. Fuente: atslamberti.com

### 6.2.2. Postes de esquina

Esta unión con perno evita que cada poste de esquina se abra (en su zona de apertura para mantenimiento de los cilindros hidráulicos). Esto sucede dado que el perfil interior del poste de esquina actúa como palanca bajo cargas laterales, transmitiéndola al perfil exterior a través de su pivotamiento (ver Figura 46).

La carga aplicada al poste de esquina interior asciende hasta los 5225 N. Mediante el momento que produce esta carga a través de su punto de pivote, se halla fácilmente la carga sobre el perfil exterior:  $5225 \cdot 1244 = P \cdot 1111 \quad ; \quad P = 5850 \text{ N}$

Estos 5850 N inducen un esfuerzo de tracción en los pernos. Dado que el punto de aplicación de dicha carga se encuentra en una zona muy cercana a uno de los pernos, se supondrá que este deberá de absorberla por completo de forma individual.

$$Q_{tot} = 5850 \text{ N}$$

Se introduce un coeficiente de seguridad para mayorar la carga por perno de 2.

La carga por perno asciende a los  $P=11700 \text{ N}$ .



El grado de calidad escogido será 8.8, un grado bastante común y con unos precios relativamente moderados en el mercado. La tensión de prueba es  $\sigma_p = 600 \text{ MPa}$ .

La unión atornillada no deberá de soportar prácticamente ningún esfuerzo cortante, por lo que el dimensionado se realizará únicamente atendiendo a las fuerzas de tracción sobre el perno.

La sección del perno ha de ser:

$$A = \frac{P}{\sigma_p} = \frac{11700}{600} = 19.5 \text{ mm}^2 \rightarrow 36.6 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{rosca M8}$$

La fuerza de precarga será  $F_i = 0.7 \cdot \sigma_p \cdot A = 15372 \text{ N}$

$$\text{Fuerza ejercida sobre el perno: } F_p = F_i + \frac{P \cdot K_b}{K_b + K_m}$$

$$\text{Fuerza ejercida sobre la lámina: } F_m = -F_i + \frac{P \cdot K_m}{K_b + K_m}$$

Las rigideces del perno  $K_b$  y de la lámina  $K_m$  se calculan de la siguiente forma.

$$K_b = \frac{A \cdot E}{L}$$

$$K_m = \frac{\tilde{A} \cdot E}{L}$$

Donde  $L$  es el espesor de la lámina,  $E$  es el módulo de elasticidad y  $\tilde{A}$  el área de la lámina afectada por la carga, que se calcula de la siguiente forma.

$$\tilde{A} = d^2 + 0.68d \cdot g + 0.65g^2 = 8^2 + 0.68 \cdot 8 \cdot 6 + 0.65 \cdot 6^2 = 120.04 \text{ mm}^2$$

Donde  $d$  es el diámetro del orificio y  $g$  es el espesor de la lámina. Las rigideces resultan ser.

$$K_b = \frac{36.6 \cdot 210000}{6} = 1281000 \text{ N/mm}$$

$$K_m = \frac{120.04 \cdot 210000}{6} = 4201400 \text{ N/mm}$$

Finalmente, la fuerza que se lleva cada elemento es la siguiente.

$$F_p = 18105.8 \text{ N (tracción)} \quad ; \quad F_m = -6406 \text{ N (compresión)}$$

Las tensiones resultantes serán.

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A} = 494.7 \text{ MPa} < 600 \text{ MPa} \quad ; \quad \sigma_m = \frac{F_m}{\tilde{A}} = -53.4 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa}$$

Ambas partes cumplen los requisitos de tensión correspondientes, por lo que el diseño es válido.

### 6.2.3. Cabrestantes eléctricos

Estos constan de 4 pernos de unión por cada cabrestante (ver Figura 74). Cada cabrestante proporciona una fuerza máxima de 9001 N durante su funcionamiento en la expansión del contenedor. El cable metálico forma un ángulo de 50 grados sobre la horizontal durante su operación. Esto se traduce en las siguientes cargas verticales y horizontales.

$$H = 9001 \cdot \cos(50) = 5786 \text{ N}$$

$$V = 9001 \cdot \sin(50) = 6895 \text{ N}$$

La carga vertical induce un esfuerzo de tracción en los pernos y la horizontal de cortante.

Cada perno absorbe una carga de.

$$P_H = 5786/4 = 1446.5 \text{ N}$$

$$P_V = 6895/4 = 1723.75 \text{ N}$$

Se introducen coeficientes de seguridad para mayorar ambas cargas de 2.

Las cargas por perno ascienden a:

$$P_H = 2893 \text{ N}$$

$$P_V = 3447.5 \text{ N}$$

El grado de calidad escogido será 8.8, un grado bastante común y con unos precios relativamente moderados en el mercado. La tensión de prueba es  $\sigma_p = 600 \text{ MPa}$ .

La precarga del perno debe de absorber el cortante mediante el rozamiento generado entre las superficies de contacto, por lo que atendiendo a este caso la sección del perno ha de ser la siguiente.

$$P_H \leq \mu \cdot F_i \quad ; \quad 2893 = 0.15 \cdot 0.7 \cdot 600 \cdot A \quad ; \quad A = 45.92 \text{ mm}^2 \rightarrow 58 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{rosca M10}$$

Atendiendo solamente a las tensiones normales de cada perno, la sección de este ha de ser:

$$A = \frac{P_V}{\sigma_p} = \frac{3447.5}{600} = 5.74 \text{ mm}^2 < 45.92 \text{ mm}^2$$

El tamaño de rosca finalmente escogido es M10,  $A=58 \text{ mm}^2$ .

La fuerza de precarga será  $F_i = 0.7 \cdot \sigma_p \cdot A = 24360 \text{ N}$

$$\text{Fuerza ejercida sobre el perno: } F_P = F_i + \frac{P \cdot K_b}{K_b + K_m}$$

$$\text{Fuerza ejercida sobre la lámina: } F_m = -F_i + \frac{P \cdot K_m}{K_b + K_m}$$

Las rigideces del perno  $K_b$  y de la lámina  $K_m$  se calculan de la siguiente forma.

$$K_b = \frac{A \cdot E}{L}$$

$$K_m = \frac{\tilde{A} \cdot E}{L}$$

Donde  $L$  es el espesor de la lámina,  $E$  es el módulo de elasticidad y  $\tilde{A}$  el área de la lámina afectada por la carga, que se calcula de la siguiente forma.

$$\tilde{A} = d^2 + 0.68d \cdot g + 0.65g^2 = 10^2 + 0.68 \cdot 10 \cdot 6 + 0.65 \cdot 6^2 = 164.2 \text{ mm}^2$$

Donde  $d$  es el diámetro del orificio y  $g$  es el espesor de la lámina. Las rigideces resultan ser.

$$K_b = \frac{58 \cdot 210000}{6} = 2030000 \text{ N/mm}$$

$$K_m = \frac{164.2 \cdot 210000}{6} = 5747000 \text{ N/mm}$$

Finalmente, la fuerza que se lleva cada elemento es la siguiente.

$$F_p = 25259.9 \text{ N (tracción)} \quad ; \quad F_m = -21812.4 \text{ N (compresión)}$$

Las tensiones resultantes serán.

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A} = 435.5 \text{ MPa} < 600 \text{ MPa} \quad ; \quad \sigma_m = \frac{F_m}{\tilde{A}} = -232.8 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa}$$

Ambas partes cumplen los requisitos de tensión correspondientes, por lo que el diseño es válido.

## 7. CÁLCULO DE SISTEMA DE PALANCA DESMONTABLE

Este sistema, bajo el caso más desfavorable, consta de una carga perpendicular a la palanca de 9001 N, la cual genera un momento de  $M = 9001 \cdot 0.384 = 3456 \text{ Nm}$

La sección escogida es un perfil hueco rectangular 70 70.4, con un momento de inercia de  $82 \text{ cm}^4$  y un área de  $12.1 \text{ cm}^2$ .

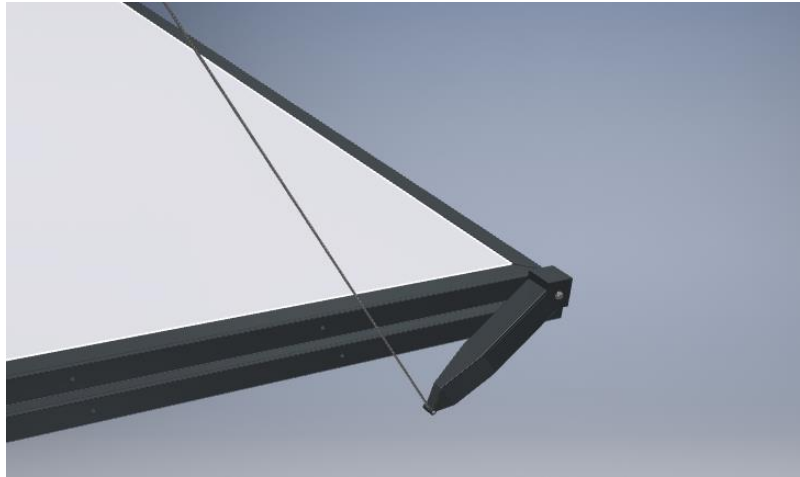


Figura 179. Sistema de palanca desmontable. Fuente propia

La sección crítica es aquella opuesta al punto de aplicación de la carga dado que es donde se obtendrá el mayor momento flector.

Las tensiones generadas por el momento flector máximo generado en la sección es de.

$$\sigma = \frac{345600 \text{ Ncm} \cdot 3.5 \text{ cm}}{82 \text{ cm}^4} = 14751.3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 147.5 \text{ Mpa}$$

Las tensiones debidas al cortante son las siguientes.

$$\tau = \frac{9001}{12.1} = 743.9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 7.43 \text{ Mpa}$$

Dado que las tensiones por cortante son mínimas respecto a las debidas al momento flector, se considerarán como críticas solamente las tensiones normales. Además, donde las tensiones derivadas del momento flector son máximas, las tensiones debidas al cortante son mínimas (debido a sus distribuciones de tensión a lo largo de la sección).

Finalmente, se obtiene un factor de seguridad para este elemento de  $CS = \frac{275}{147.5} = 1.86$ .

Para el cálculo de los elementos que crean el cierre de forma, se considerarán las tensiones tangenciales debidas al torsor inducido.

El momento generado es  $M = 9001 \cdot 0.384 = 3456 \text{ Nm}$ .

El cierre de forma queda conformado por dos prismas. Uno de ellos (elemento 1) consta de una sección de 50x50 milímetros maciza y el otro (elemento 2) consta de una sección rectangular hueca de 70x70 milímetros y 10 de espesor.

## 8. CÁLCULO DE ELEMENTOS COMERCIALES

Para seleccionar de forma correcta los elementos comerciales introducidos en este proyecto, será necesaria la realización de una serie de cálculos sencillos los cuales son expuestos a continuación.

### 8.1. LONA

La lona empleada estará compuesta por fibra de aramida recubierta de PVC, pudiéndose observar en la siguiente figura.

Se trata de un tejido ignífugo y con gran resistencia a temperaturas extremas (entre -20 y 100°C).



Figura 180. Lona de tejido de aramida recubierto de PVC. Fuente: colmant-coated-fabrics.es

Generalmente la resistencia de las lonas viene dada en daN/5cm, por lo que se realizará un cálculo simplificado de un trozo de lona de espesor 50 milímetros sometido a la carga máxima que esta experimentará en el peor de los casos.

El esfuerzo horizontal y vertical en una viga sometida a una carga distribuida  $P(N/mm)$  es:

$$H = \frac{PL^2}{8h} \quad V = \frac{PL}{2}$$

El término “h” se refiere al canto o espesor de la lona, siendo en este caso 3.6 milímetros.

La carga “P” será  $P = 1.625e - 3(N/mm^2) \cdot 50mm = 0.081 N/mm$

$$H = \frac{0.081 \cdot 2053^2}{8 \cdot 3.6} = 11854.15 N \quad V = \frac{0.081 \cdot 2053}{2} = 83.14 N$$

La resultante es:  $N = \sqrt{11854.15^2 + 83.14^2} = 11854.4 N$

Se divide entre el área de la sección para hallar la tensión.

$$\sigma = \frac{11854.4}{50 \cdot 3.6} = 65.85 \text{ MPa}$$

La resistencia a urdimbre de la lona es de 50000 N/5cm y de trama de 20000 N/5cm. Se escogerá la más desfavorable de ellas.

$$\sigma_{adm} = \frac{20000}{50 \cdot 3.6} \cdot \frac{1}{CS} = \frac{20000}{50 \cdot 3.6} \cdot \frac{1}{1.5} = 74.07 \text{ MPa} > 65.85 \text{ MPa}$$

La tensión calculada es menor a la admisible por el material, por lo que la lona resiste incluso a las condiciones más desfavorables con el contenedor expandido.

## 8.2. BOMBA DE CALOR

Para seleccionar la bomba de calor será necesario sacar la potencia necesaria de calefacción dado que estas suelen tener una mayor facilidad para refrigerar que para aportar calor a la estancia. El cálculo de dicha potencia es aportado por una empresa especializada en instalaciones de calor y frío, tanto residencial como industrial.

La potencia es función de una serie de coeficientes dependientes de la orientación del habitáculo, de su nivel de aislamiento y de la zona climática en la que se encuentra. Se escogerán los coeficientes más desfavorables al igual que en el cálculo de las cargas de viento.

El área del espacio interior del contenedor expandido es de  $A = 11.5 \cdot 6.9 = 79.35 \text{ m}^2$

El consumo específico de calor es  $q = 85 \text{ W/m}^2$

El coeficiente de orientación es 1.12, orientación norte.

El coeficiente de aislamiento es 1.10, sin aislamiento, dado que a pesar de tener una serie de paneles sándwich con una capacidad de aislamiento relativamente buena, las puertas del contenedor permanecerán abiertas para facilitar la entrada y la salida de personas. A su vez, la lona que forma parte de la cubierta consta de una capacidad de aislamiento pobre.

El coeficiente de zona climática es 1.19, zona norte interior, donde las temperaturas son menores.

$$P = A (\text{m}^2) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot q (\text{W/m}^2)$$

$$P = 79.35 \cdot 1.12 \cdot 1.10 \cdot 1.19 \cdot 85 = 9888 \text{ W} = 9.89 \text{ kW}$$

Este cálculo es adecuado para alturas interiores en torno a 2.5 metros. Dado que la altura en el interior del contenedor expandido varía entre los 2.25 y 3 metros, la potencia obtenida se

multiplicará por un factor adicional de valor 1.2 para asegurar una potencia suficiente por parte del sistema de climatización.

La potencia necesaria será la siguiente.  $P_{total} = 9.89 \cdot 1.2 = \mathbf{11.87\ kW}$

La unidad exterior de climatización finalmente seleccionada (RAM-110NP5E) consta de una potencia máxima de refrigeración de 12.5 kW y una potencia máxima de calefacción de 12.7 kW, una potencia mayor a la calculada anteriormente.

Esta unidad exterior estará acompañada de dos unidades interiores RAI-50RPE (ver apartado 5.7.4).

### 8.2.1. Unidad exterior

La unidad exterior RAM-110NP5E consta de las siguientes medidas exteriores, incluidas las medidas de sus puntos de fijación y de los puntos de salida y entrada de refrigerante (5 entradas y 5 salidas).

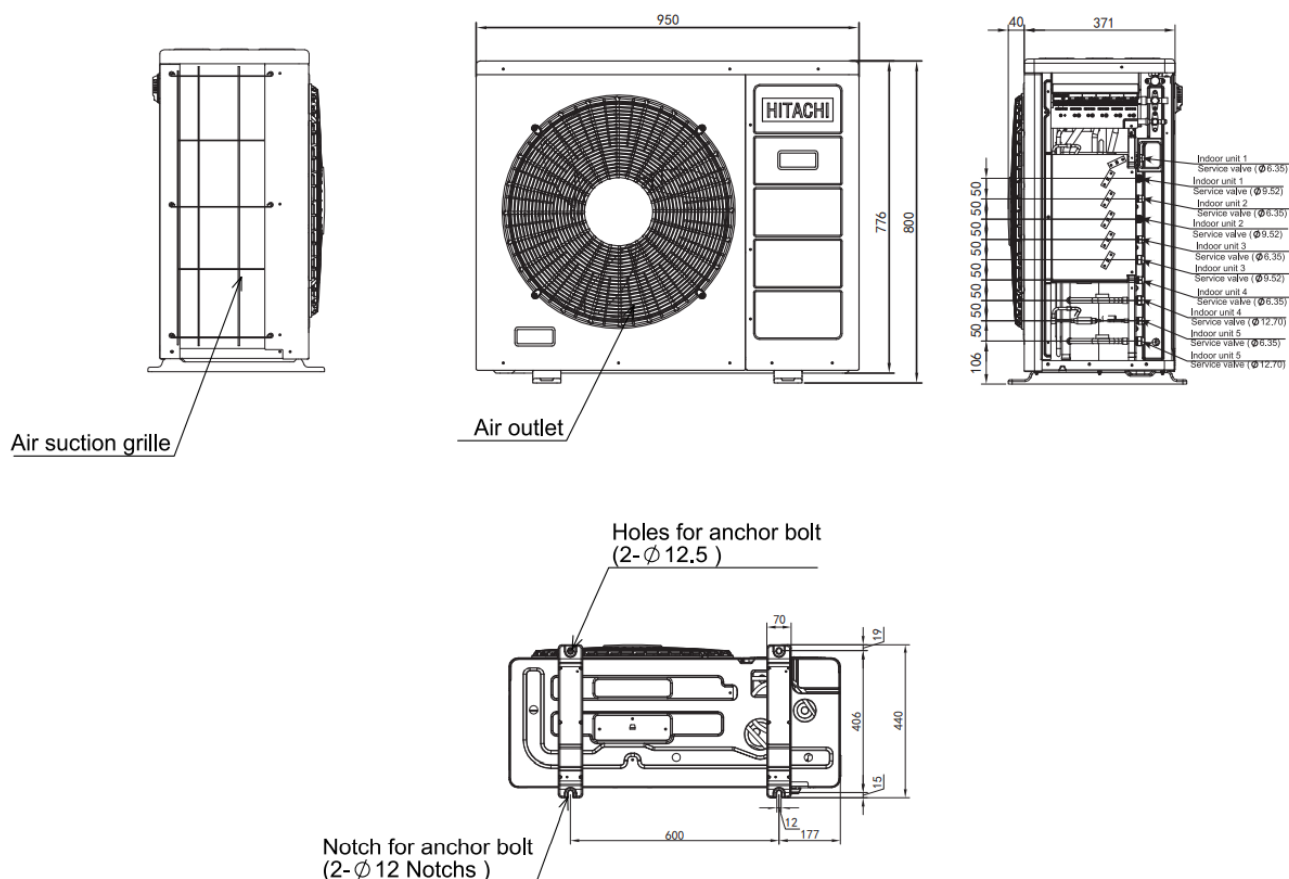


Figura 181. Medidas detalladas unidad exterior RAM-110NP5E. Fuente: hitachiaircon.es



### 8.2.2. Unidad interior

La unidad interior RAI-50RPE consta de las siguientes medidas exteriores, incluidas las medidas de sus puntos de fijación y de los puntos de salida y entrada de refrigerante (1 entrada y 1 salidas).

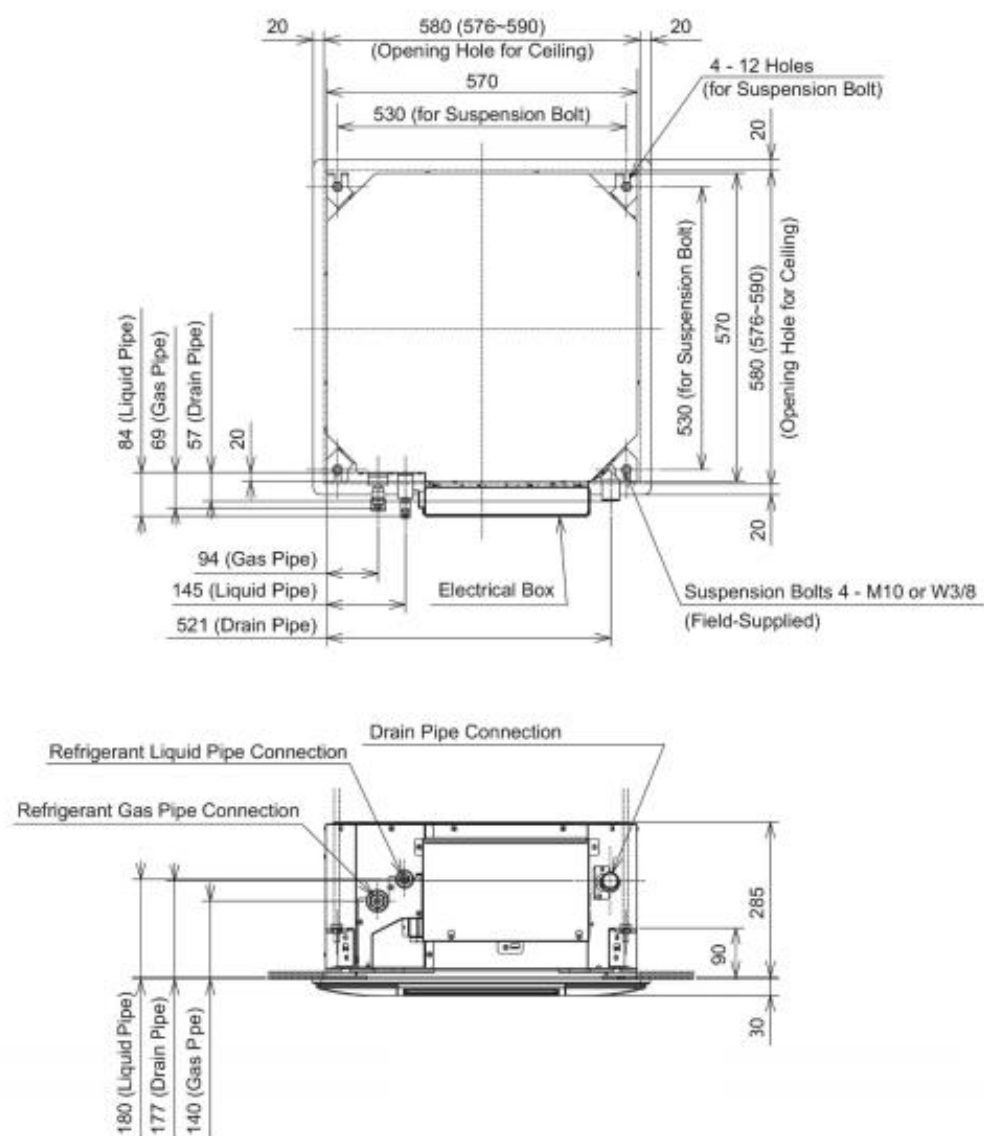


Figura 182. Medidas detalladas unidad exterior RAI-50RPE. Fuente: hitachiaircon.es

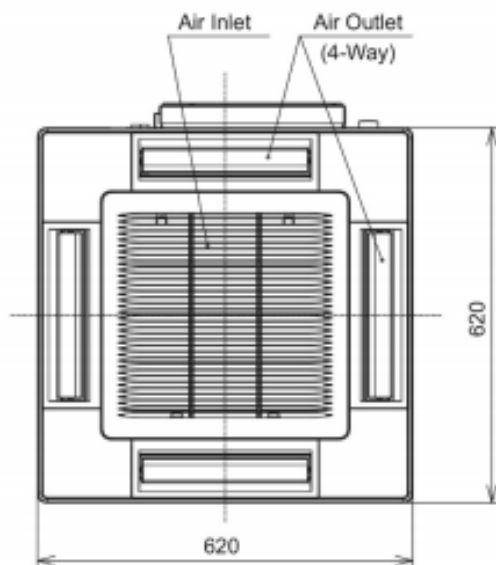


Figura 183. Medidas detalladas unidad exterior RAI-50RPE. Fuente: hitachiaircon.es

### 8.3. SUSPENSIONES ANTIVIBRATORIAS UNIDAD DE CLIMATIZACIÓN EXTERIOR

La unidad de climatización exterior necesita de la implementación de una serie de elementos anti vibratorios en sus puntos de unión con la estructura dado que consta de un compresor para poder proporcionar presión y caudal al refrigerante. Este proceso genera una serie de vibraciones las cuales se deben de aislar de la forma más eficiente posible.

El compresor trabaja a un régimen de revoluciones entre 1800 y 2750 revoluciones por minuto, o bien entre 30 y 45.9 Hz.

Lo que nos interesa es que los antivibratorios trabajen en un régimen en el cual el parámetro de transmisibilidad se reduzca por debajo de la unidad y las vibraciones se atenúen. Esto sucede en el momento en el que se tiene una frecuencia de excitación de 1.4 veces la frecuencia de propia o de resonancia de la suspensión antivibratoria.

En la siguiente figura se puede observar una gráfica que representa la curva de transmisibilidad de un sistema masa muelle amortiguador.

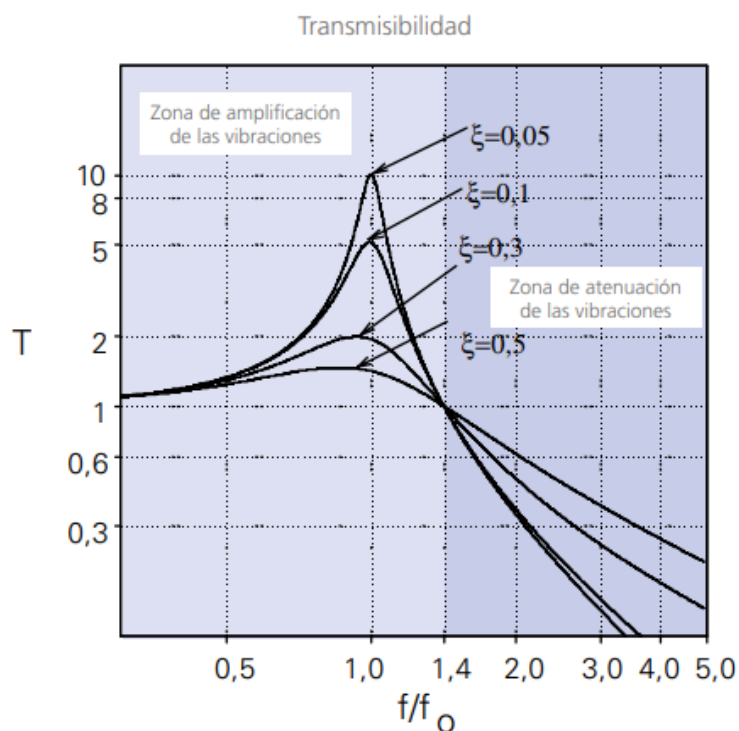


Figura 184. Curva de transmisibilidad de un sistema masa muelle amortiguador. Fuente: cauchometal.com

Para obtener un mejor rendimiento del antivibratorio (transmisibilidad más baja) se seleccionará el modelo teniendo en cuenta como frecuencia propia de este un valor 3 veces menor al de la menor frecuencia de excitación proporcionada. En este caso se tiene.

$$f_{n \text{ antivibratorio}} = \frac{1}{3} \cdot 30 = 10 \text{ Hz}$$

La frecuencia propia del antivibratorio debe de ser igual o menor al valor calculado de 10 Hz.

La masa de la unidad exterior se sitúa en unos 80 kg, por lo que cada uno de los cuatro soportes se lleva una carga de 20 kg.

Teniendo en cuenta los datos calculados, observamos la Figura 185 y seleccionamos el elemento que mejor se ajuste a los parámetros anteriores.

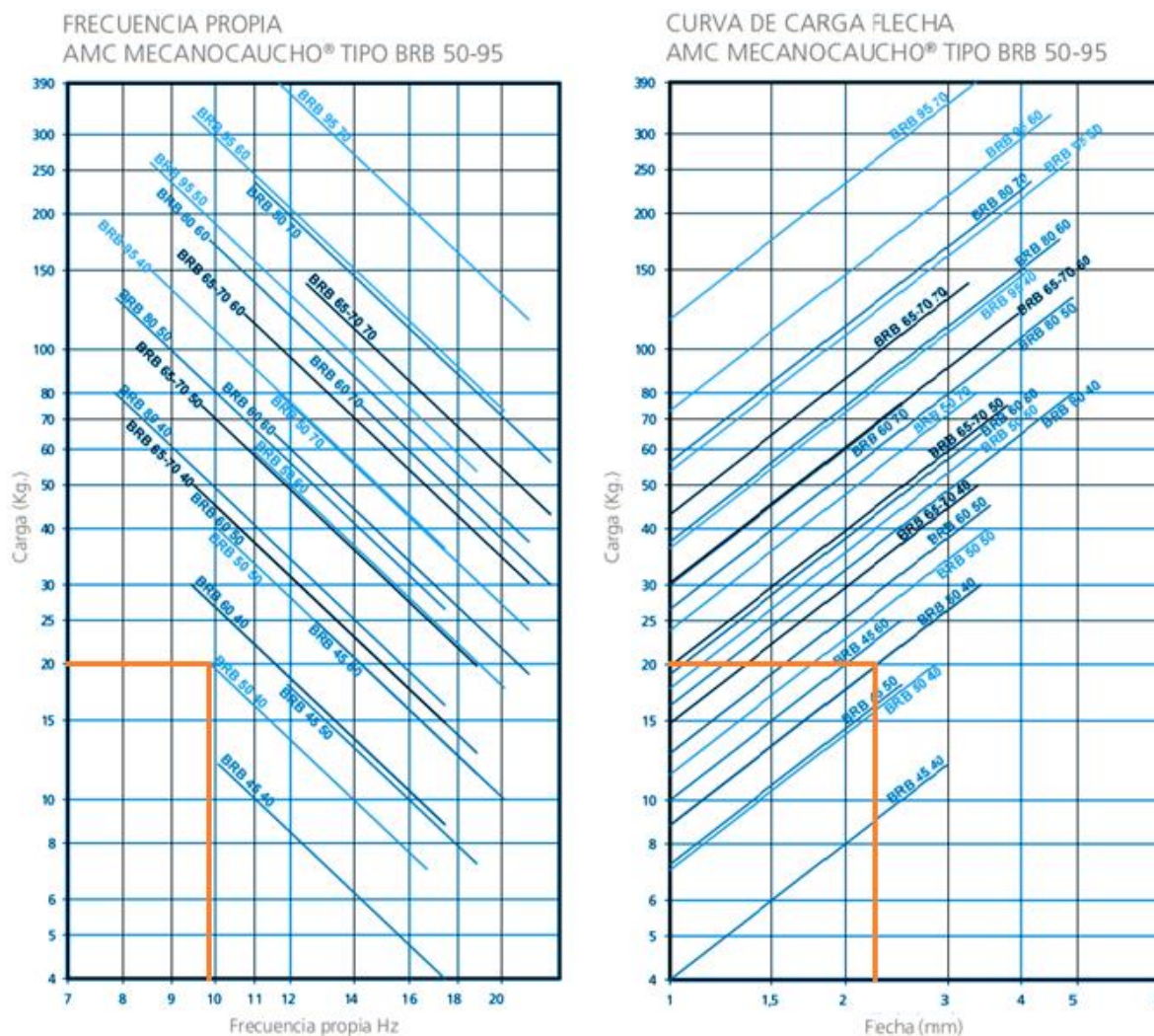


Figura 185. Curvas de selección de los elementos antivibratorios. Fuente: cauchometal.com

Se entra en la gráfica con la carga de 20 kg, obteniéndose una frecuencia propia de 9.9 Hz para el modelo BRB 50 40, poco menor a 10 Hz. Este modelo se ajusta perfectamente a los parámetros de diseño exigidos. También es posible calcular la flecha que sufrirán los antivibratorios tras su montaje, siendo en este caso de 2.3 milímetros.

Una vez seleccionado el modelo, se podrá consultar sus dimensiones en la tabla de la Figura 187.

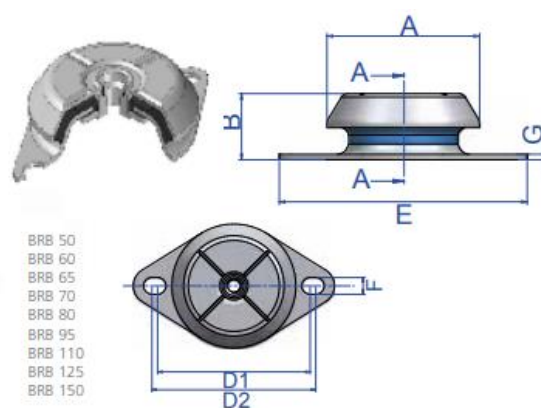


Figura 186. Esquema de medidas de los modelos tipo BRB. Fuente: cauchometal.com

Tipo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D1 (Min.)	D2 (Máx.)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	Peso (gr.)	Carga (kg)	Dureza	Código
BRB 45	50	32	M-8	61	70	85	6,5	2	131	12	40 Sh	135137
										18	50 Sh	135138
										25	60 Sh	135139
BRB 50	50	25	M-8	61	70	85	6,5	2	117	20	40 Sh	135451
										40	50 Sh	135453
										60	60 Sh	135455
										80	70 Sh	135457
BRB 60	64	35	M-10	76,5	90,5	110	9	2,5	225	30	40 Sh	135101
										45	50 Sh	135405
										65	60 Sh	135103
										75	70 Sh	135104
BRB 65 M10	64	35	M-10	76,5	90,5	110	9	2,5	243	50	40 Sh	135421
										75	50 Sh	135422
										120	60 Sh	135423
										140	70 Sh	135424
BRB 65 M12	64	35	M-12	76,5	90,5	110	9	2,5	243	50	40 Sh	135431
										75	50 Sh	135432
										120	60 Sh	135433
										140	70 Sh	135434
BRB 70	64	35	M-12	100	100	120	11	3	253	50	40 Sh	135251
										75	50 Sh	135252
										120	60 Sh	135253
										140	70 Sh	135254
BRB 80 M10	83	35	M-10	108	112	135	11	3	398	80	40 Sh	135231
										130	50 Sh	135232
										175	60 Sh	135233
										235	70 Sh	135234
BRB 80 M12	83	35	M-12	108	112	135	11	3	398	80	40 Sh	135275
										130	50 Sh	135276
										175	60 Sh	135277
										235	70 Sh	135278

Figura 187. Tabla de selección de los elementos antivibratorios. Fuente: cauchometal.com

## 8.4. SISTEMA HIDRÁULICO

### 8.4.1. Cilindros hidráulicos

El cilindro hidráulico seleccionado en el apartado 5.7.2 es el de referencia 706/1500 con medidas en cuanto a sus diámetros A/B de 50/100 y una carrera de 1500 milímetros.

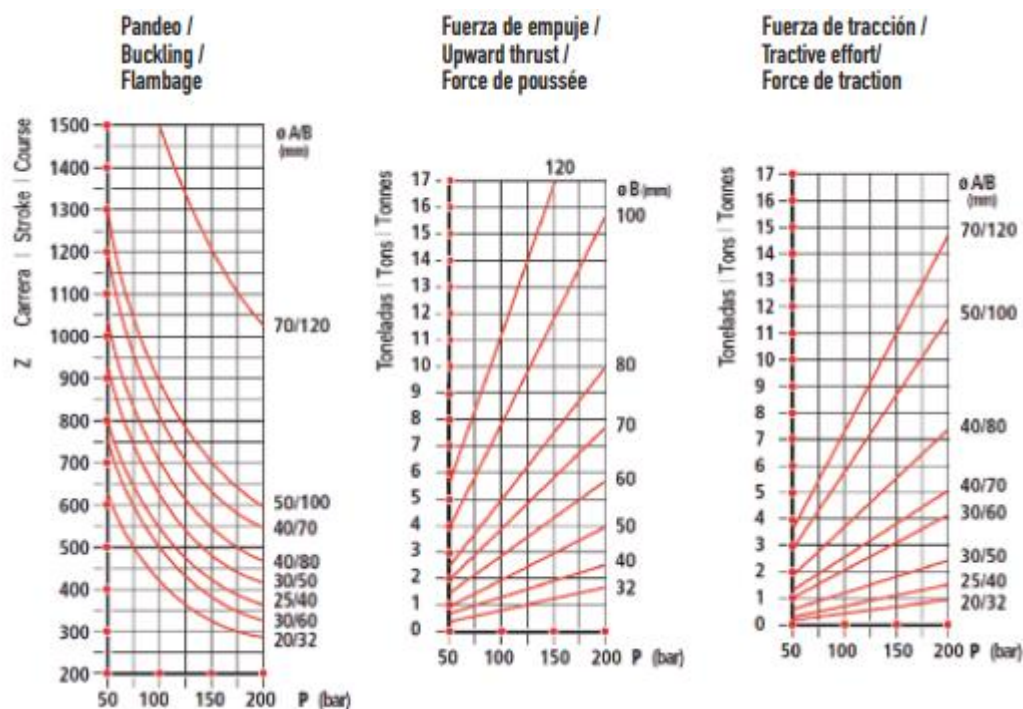


Figura 188. Curvas de pandeo y fuerzas de empuje y tracción (Ton) en función de la presión aplicada (bar).  
Fuente: cicrosa.com

La primera condición que se debe de tener en cuenta es evitar bajo cualquier circunstancia el efecto del pandeo en los cilindros. Bajo una presión de 50 bares el cilindro seleccionado es capaz de extenderse un total de 1300 milímetros. La presión de funcionamiento será inferior a 50 bares (15.2bar), por lo que con total seguridad es capaz de realizar la carrera de deseada de 1244 milímetros.

Dada una presión de 50 bares, la fuerza de empuje por cada cilindro es de 4 toneladas. La fuerza de empuje mínima que necesita cada cilindro es de 1191kg, por lo que para hallar la presión de trabajo requerida se necesitarán realizar el siguiente cálculo.

$$P_{trabajo} = \frac{F_{empuje}}{A_{pistón}} = \frac{11910N}{\pi \cdot 50^2 mm^2} = 1.52 N/mm^2 = \mathbf{15.2 \text{ bar}}$$

### 8.4.2. Cálculo orejetas de soporte de los hidráulicos

Son los elementos encargados de transmitir la carga desde los extremos de los cilindros hasta las esquineras del contenedor. Se encuentran soldadas mediante soldadura a tope con penetración completa, garantizando una unión de mayor resistencia que el propio material de las orejetas.

El peso de la subestructura superior al completo asciende hasta las 2.38 toneladas. Bajo este caso cada hidráulico debería de aplicar una fuerza de empuje inferior a la tonelada. Sin embargo, se considerará el caso de carga más desfavorable de todos (aunque no está permitido el despliegue del contenedor bajo condiciones climatológicas adversas de viento o nieve por motivos de seguridad).

Se considera una carga de nieve sobre la subestructura superior de 4.68 toneladas más 3.9 toneladas que aportan los laterales plegables a través de las bisagras.

La carga total asciende hasta las 10.96 toneladas, traduciéndose en 2.74 toneladas por cilindro. Cada extremo de cada cilindro está soportado por dos orejetas, por lo que cada una de ellas recibirá una carga de 1.37 toneladas o 13700 N.

El fallo se puede dar por cortadura en el perno o bien por aplastamiento en el orificio de las orejetas. El diámetro de los pernos de unión es de 16 mm y  $\sigma_{y \text{ orejetas}} = 275 \text{ MPa}$ .

-Cortadura en perno:  $\tau = \frac{13700}{\pi \cdot 8^2} = 68.14 \text{ MPa}$

-Aplastamiento en orejeta:  $\sigma = \frac{13700}{6 \cdot 16} = 142.7 \text{ MPa}$

Las tensiones máximas son de aplastamiento, obteniendo un coeficiente de seguridad para este caso de carga de 1,92.

### 8.4.3. Bomba hidráulica

La bomba hidráulica seleccionada forma parte de la serie 550 del catálogo de bombas hidráulicas compactas Parker. Para determinar el tamaño de la bomba se requiere introducir su presión de trabajo. De este modo se podrá seleccionar la bomba que proporcione un caudal adecuado para su aplicación.

En la siguiente figura se aprecia la curva de selección del tamaño de la bomba de la serie 550.



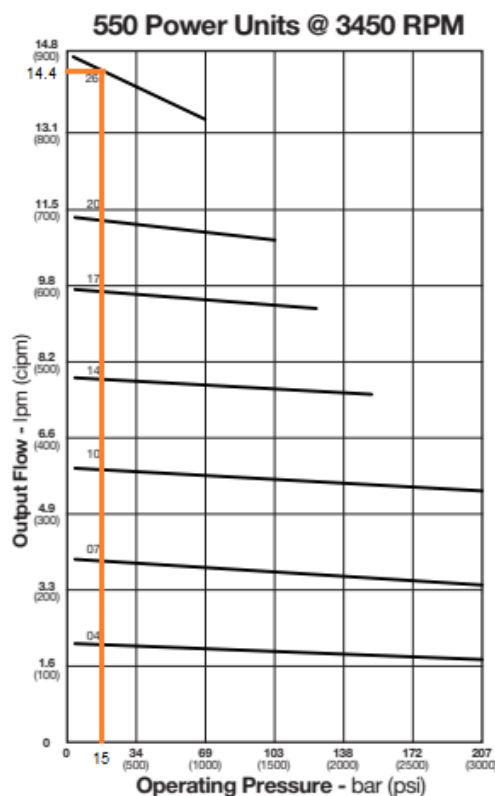


Figura 189. Curva presión-caudal, serie 550. Fuente: southernfp.com

La presión de trabajo de la bomba es de 15.2 bares. El tamaño seleccionado es de 26, número que nos indica la capacidad de la bomba de desplazar 0.26 pulgadas cúbicas de fluido por revolución o bien 4.26 cc/rev. Es necesario el mayor caudal posible dado que es importante el poder disponer de un equipo hidráulico que tenga la capacidad de elevar la altura de la subestructura superior del contenedor en el menor tiempo posible. Para unas revoluciones de trabajo de la bomba de 3450 rpm, el caudal aportado es de 14.4 litros por minuto.

El tamaño del motor requerido para el correcto funcionamiento de la bomba es el que se aprecia en la siguiente figura.

Pump Size	Nominal GPM		Pressure Bar (PSI)					
	@1725	@3450	34 (500)	69 (1000)	103 (1500)	138 (2000)	172 (2500)	207 (3000)
04	¼		.50 HP	.50 HP	.50 HP	.50 HP	.50 HP	.75 HP
04		½	.50 HP	.50 HP	.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.5 HP
07	½		.50 HP	.50 HP	.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.0 HP
07		1	.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP	2.0 HP
10	¾		.50 HP	.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.5 HP	1.5 HP
10		1 ½	.75 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP	3.0 HP	3.0 HP
14	1		.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP	2.0 HP
14		2	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP	3.0 HP		
17	1 ¼		.50 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP	2.0 HP	
17		2 ½	1.0 HP	2.0 HP	3.0 HP			
20	1 ½		.50 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP		
20		3	1.0 HP	2.0 HP	3.0 HP			
26	1.9		.75 HP	1.5 HP	2.0 HP			
26		3.8	1.5 HP	3.0 HP				

Figura 190. Tabla de recomendación de la potencia del motor de la bomba. Fuente: southernfp.com

Para el tamaño de la bomba de 26 con un régimen de giro de 3450 rpm, y una presión requerida de 34 bares o menor, se recomienda un motor eléctrico con una potencia de 1.5 caballos o 1,12 kW.

#### 8.4.4. Depósito de fluido hidráulico

Para el cálculo de los depósitos de fluido hidráulico, se tendrá en cuenta el volumen de los cilindros y el de las mangueras hidráulicas. Se tendrá en cuenta que cada depósito suministra fluido a dos cilindros.

Cada cilindro en su estado expandido consta de un volumen interior de 11.78 litros, obteniendo un volumen total entre ambos cilindros de:  $V_{cilindros} = 2 \cdot 11.78 = 23.56 \text{ l}$

Se estima que la longitud de manguera hidráulica necesitada para alimentar cada cilindro es de 6 metros, por lo que:

$$V_{mangueras} = 6000 \cdot 2 \cdot \frac{\pi \cdot 12.7^2}{4} = 1520122 \text{ mm}^3 = 1.52 \text{ litros}$$

El volumen de cada depósito asciende hasta los 23.56+1.52=25.1 litros.

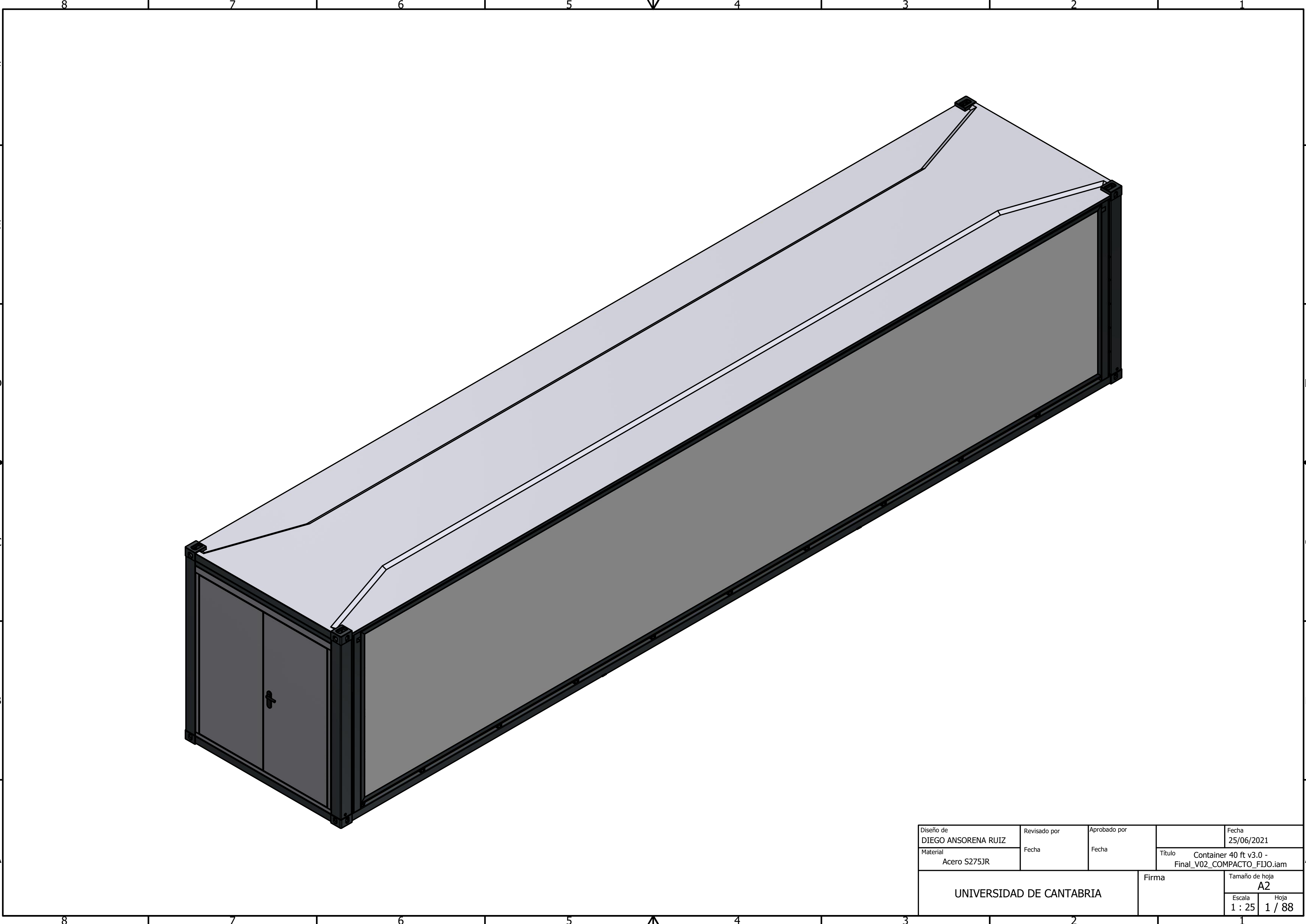
Se dará un coeficiente de seguridad de 1.2 dado que este cálculo se trata de una estimación. Finalmente se aumentará el depósito por un factor de 1.15 dado que es necesario tener un espacio de un 15% del volumen útil total del depósito para que este pueda actuar a su vez como vaso de expansión una vez el aceite dilata debido a su aumento de temperatura.

Atendiendo a los factores modificativos, el volumen tras el ajuste es el siguiente.

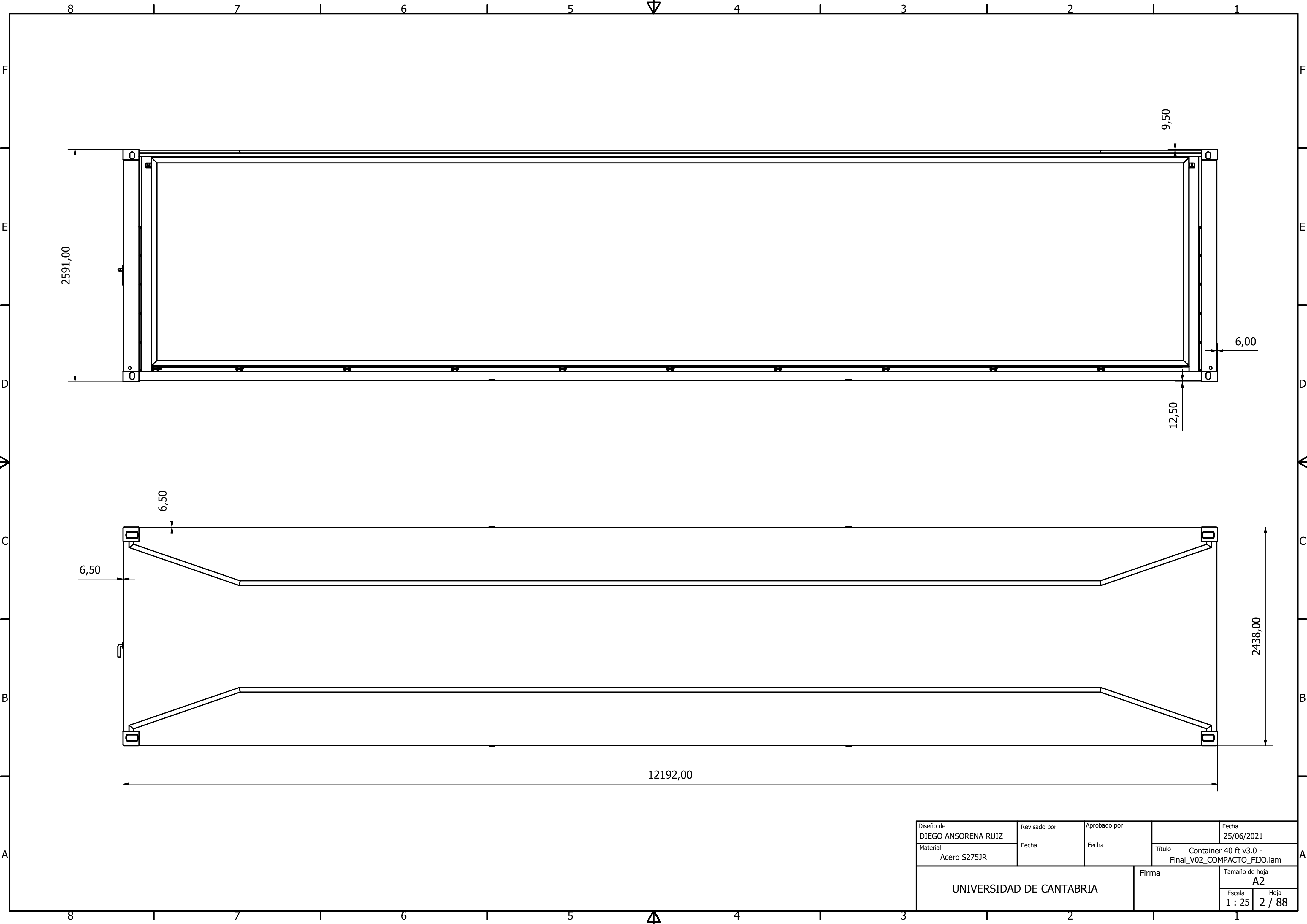
$$V_{ajuste} = 25.1 \cdot 1.2 \cdot 1.15 = 34.64 \text{ litros}$$

El depósito deberá de tener unas dimensiones que se ajusten a sus condiciones de montaje y funcionamiento, por lo que su volumen final será de 36 litros, siendo sus dimensiones interiores de 800x150x300 milímetros (alto x ancho x profundo).

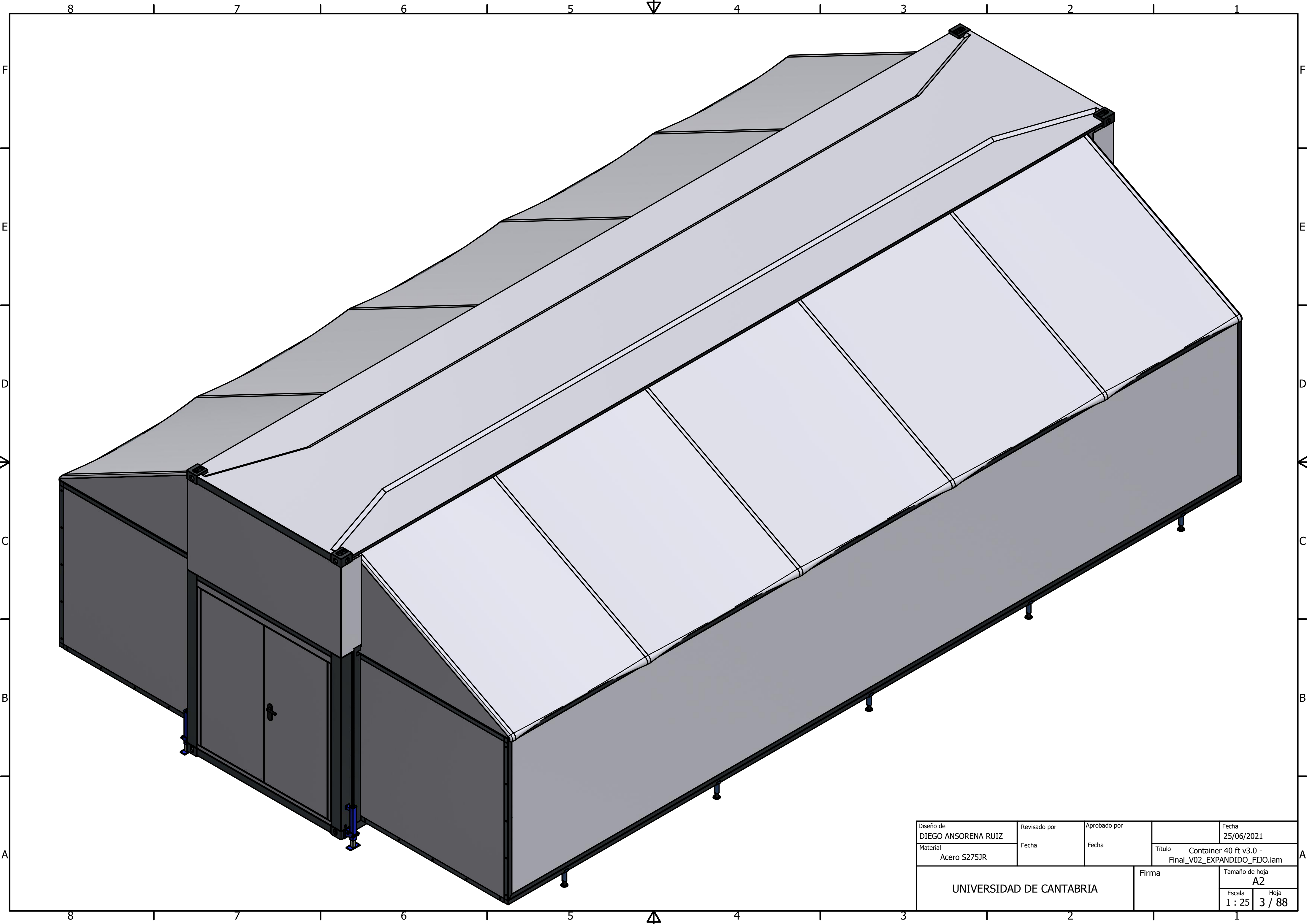
# PLANOS



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Container 40 ft v3.0 - Final_V02_COMPACTO_FIJO.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma
			Tamaño de hoja A2
			Escala 1 : 25
			Hoja 1 / 88

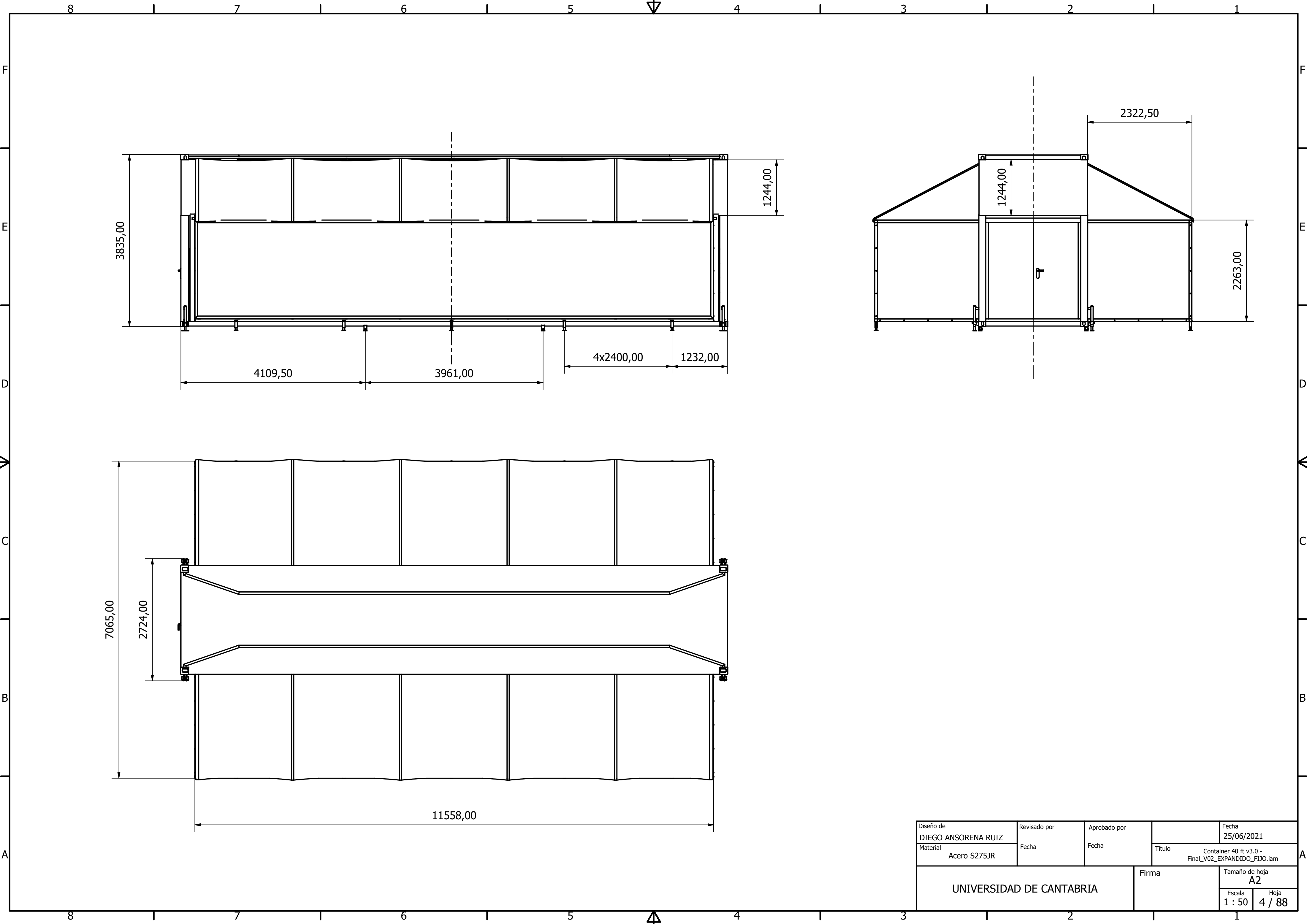


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Container 40 ft v3.0 - Final_V02_COMPACTO_FIJO.iam	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A2
				Escala 1 : 25
				Hoja 2 / 88

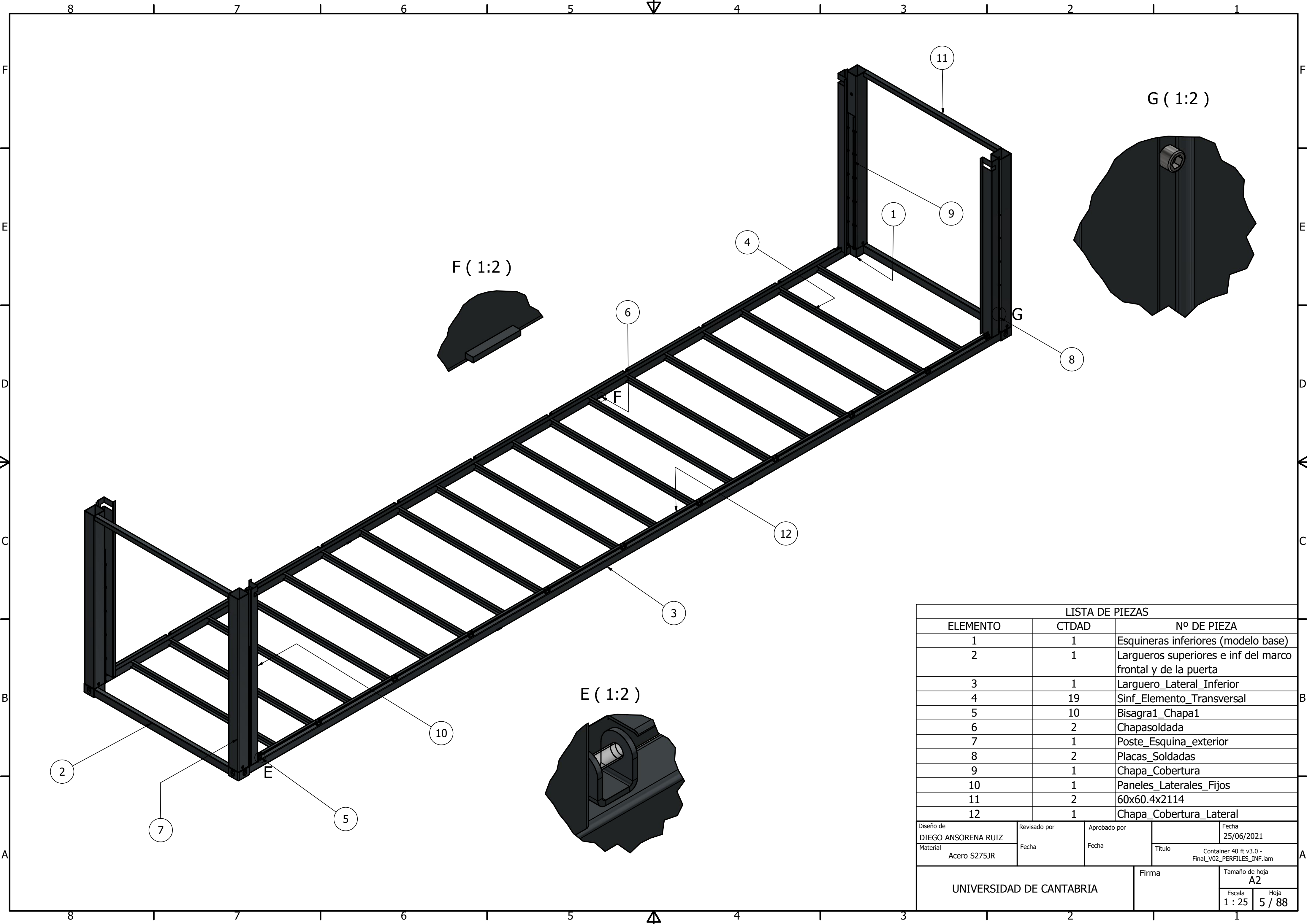


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha	Título Container 40 ft v3.0 - Final_V02_EXPANDIDO_FIJO.iam	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma		Tamaño de hoja A2
					Escala 1 : 25
					Hoja 3 / 88

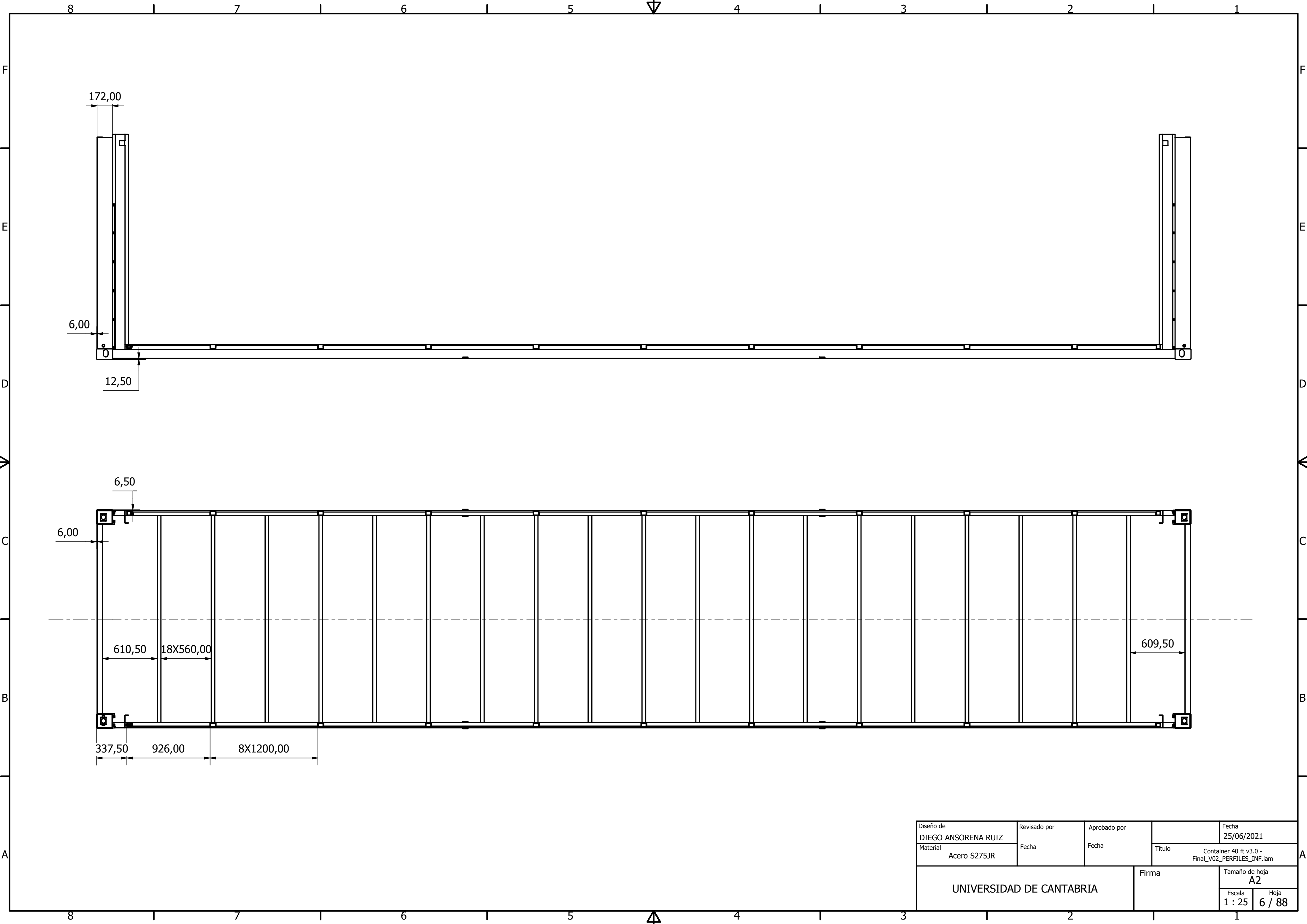




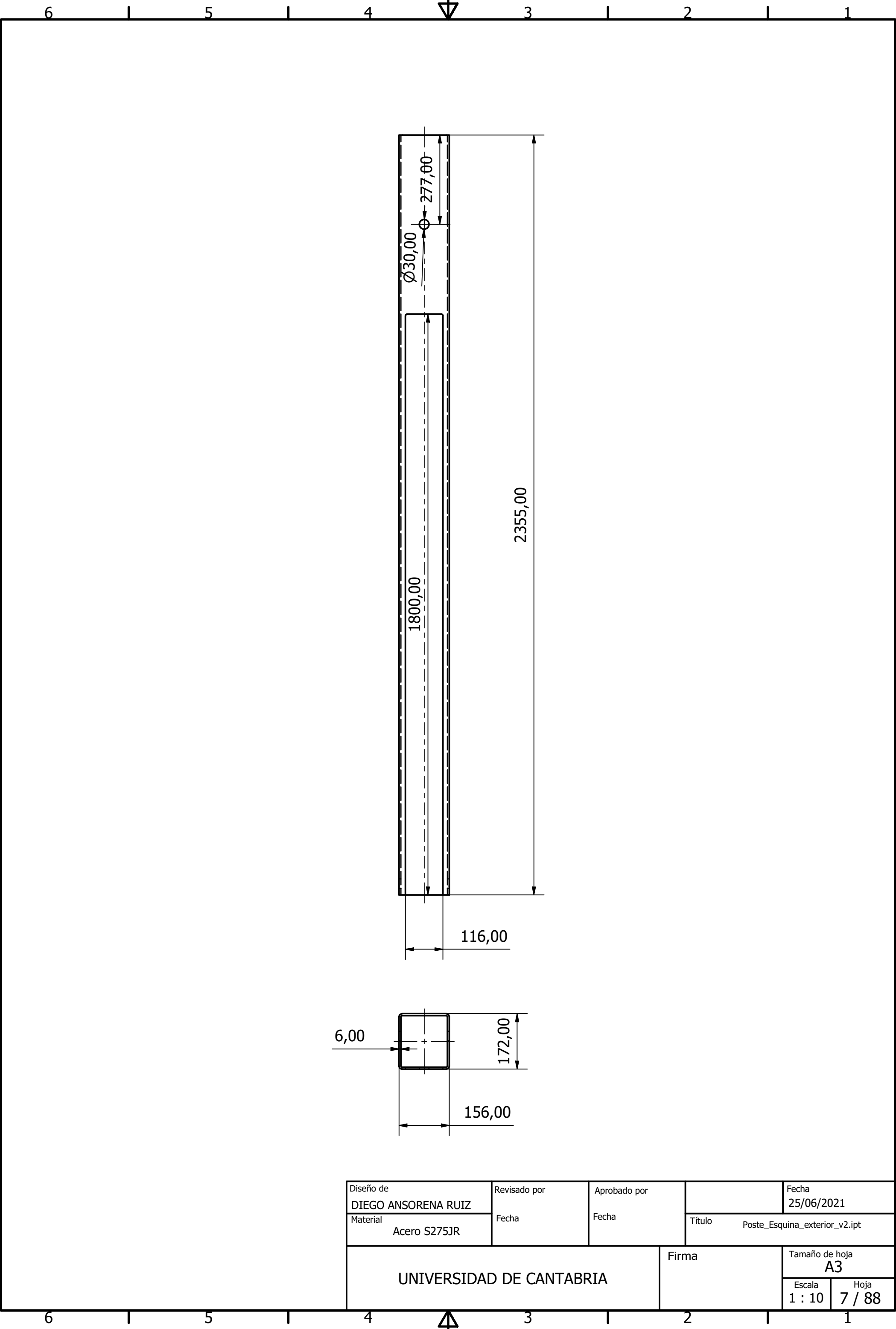
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Container 40 ft v3.0 - Final_V02_EXPANDIDO_FIJO.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Firma	Tamaño de hoja A2
		Escala 1 : 50	Hoja 4 / 88



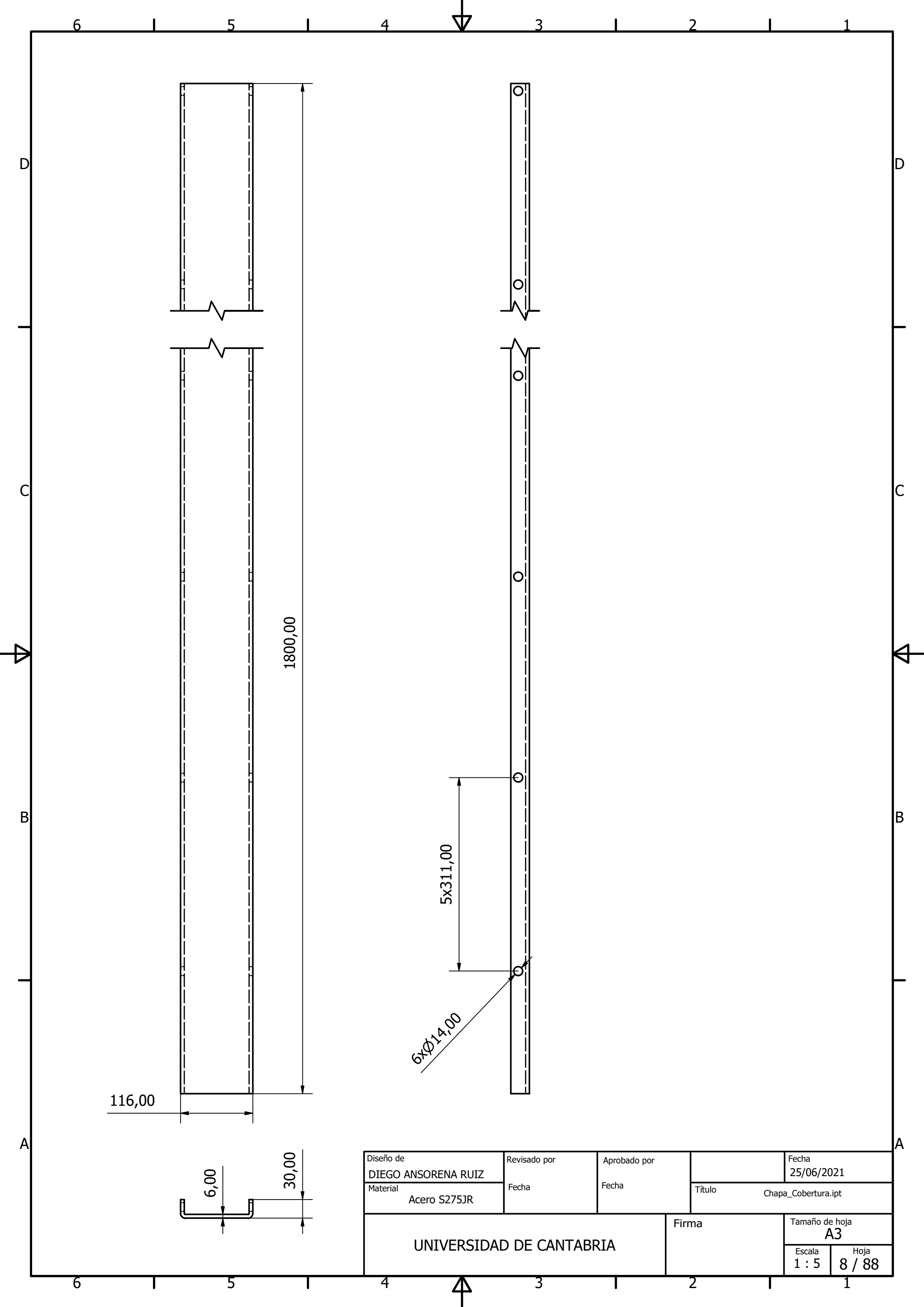
LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO		CTDAD	Nº DE PIEZA	
1		1	Esquinas inferiores (modelo base)	
2		1	Largueros superiores e inf del marco frontal y de la puerta	
3		1	Larguero_Lateral_Inferior	
4		19	Sinf_Elemento_Transversal	
5		10	Bisagra1_Chapa1	
6		2	Chapasoldada	
7		1	Poste_Esquina_exterior	
8		2	Placas_Soldadas	
9		1	Chapa_Cobertura	
10		1	Paneles_Laterales_Fijos	
11		2	60x60.4x2114	
12		1	Chapa_Cobertura_Lateral	
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha	Título Container 40 ft v3.0 - Final_V02_PERFILES_INF.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A2
				Escala 1 : 25
				Hoja 5 / 88

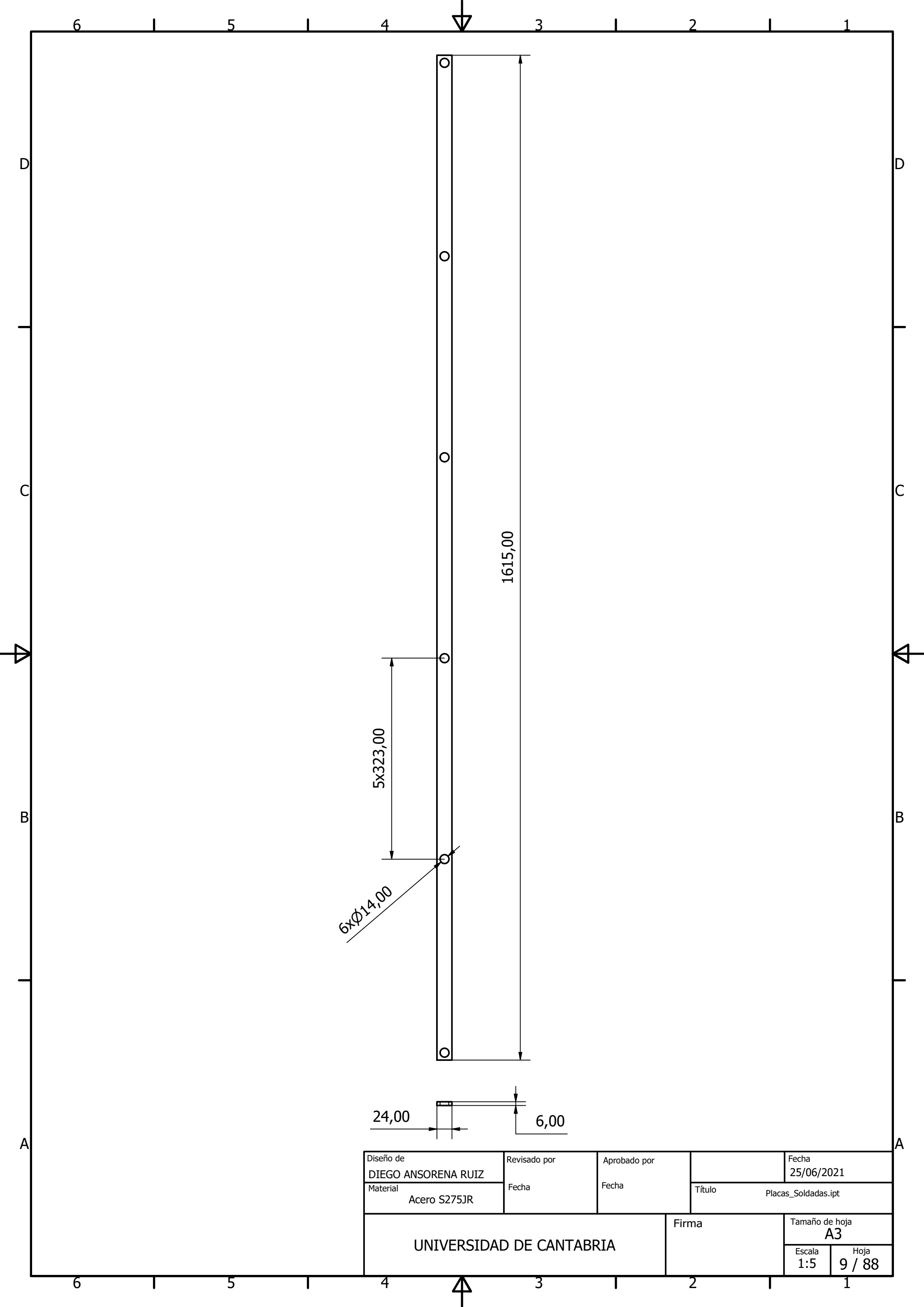


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Container 40 ft v3.0 - Final_V02_PERFILES_INF.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma
			Tamaño de hoja A2
			Escala 1 : 25
			Hoja 6 / 88

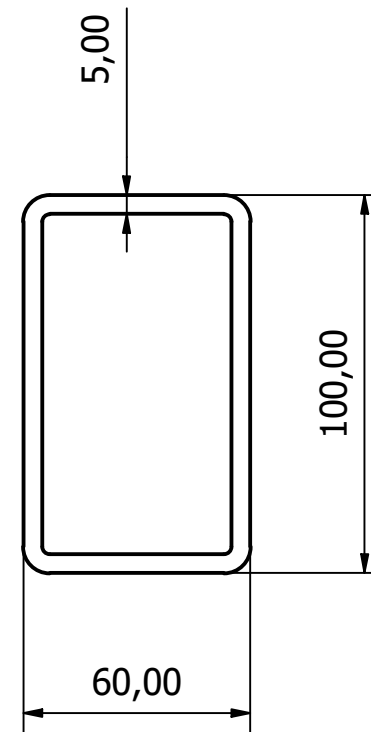
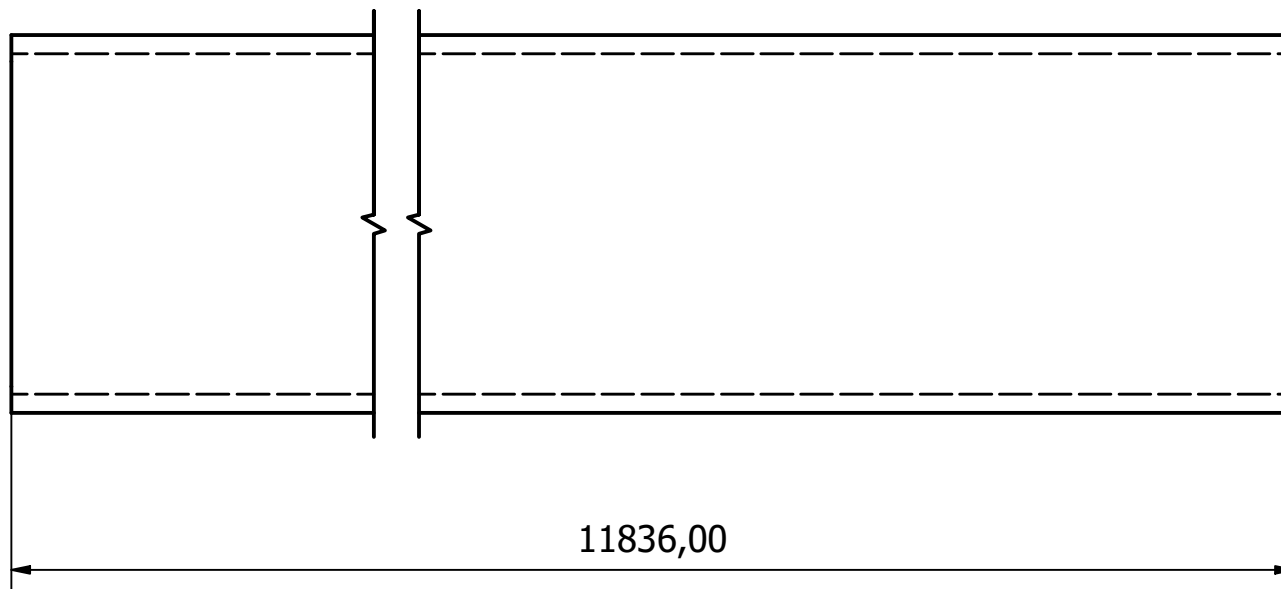


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Título Poste_Esquina_exterior_v2.ipt	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha		
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA				Firma	Tamaño de hoja A3
					Escala 1 : 10      Hoja 7 / 88



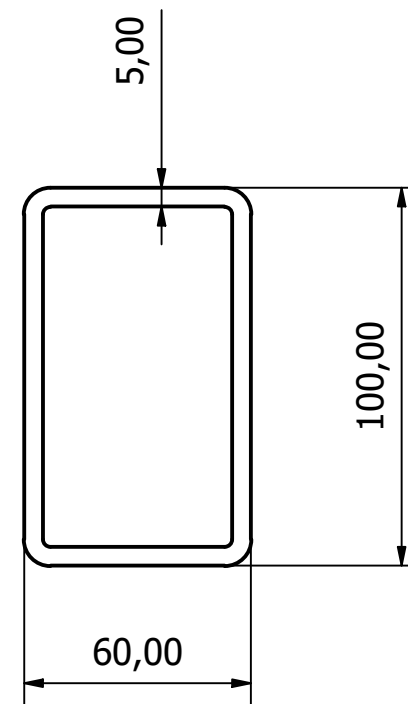
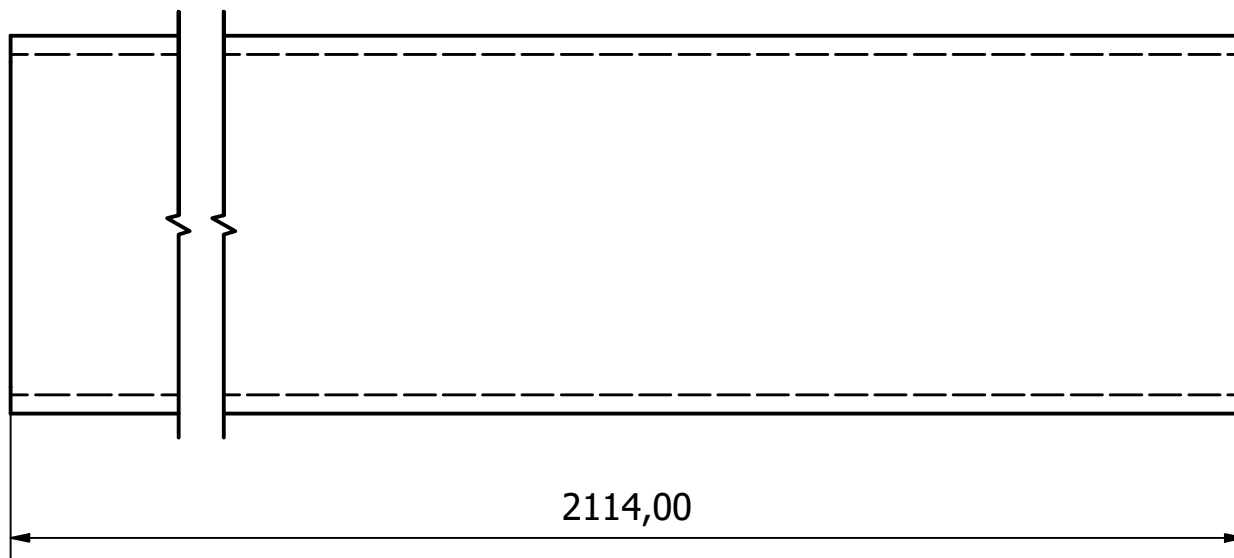


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha		Título Placas_Soldadas.ipt
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA				Firma	
				Tamaño de hoja A3	
		Escala 1:5		Hoja 9 / 88	

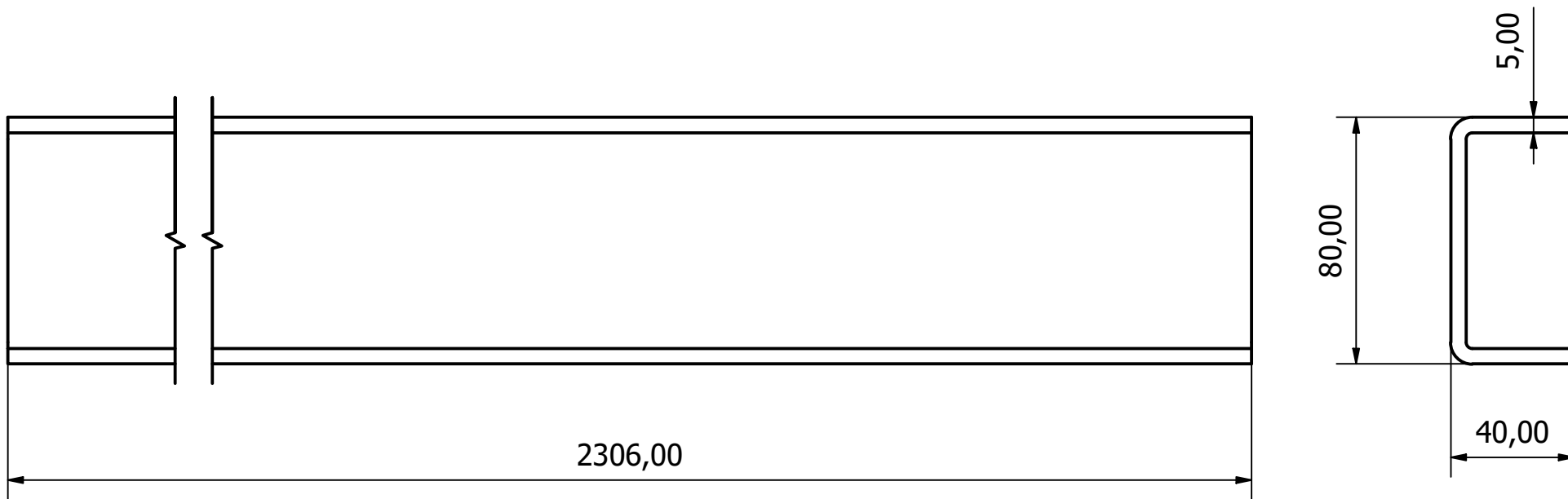


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Larguero_Lateral_Inferior.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Tamaño de hoja A4	
			Escala 1 : 2	Hoja 10 / 88

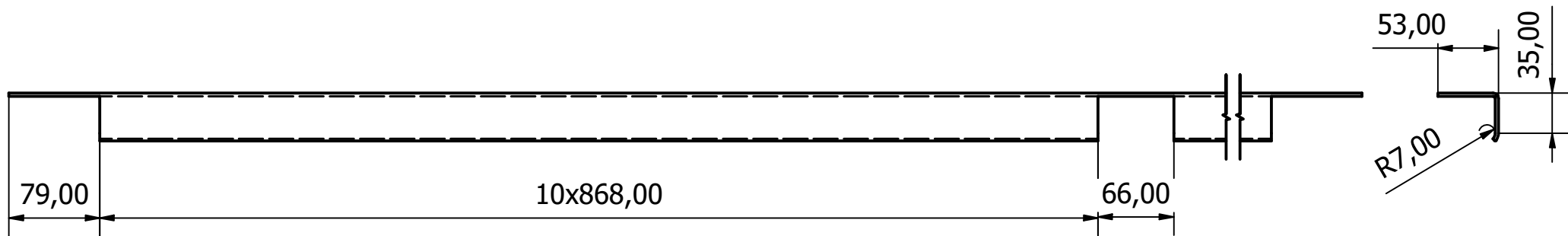




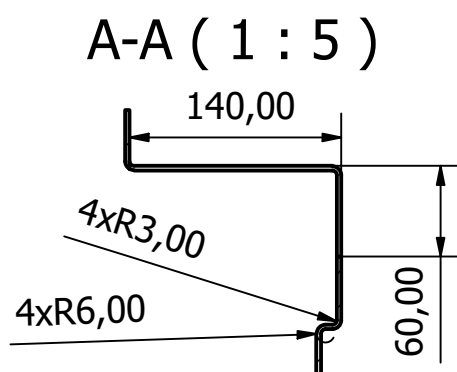
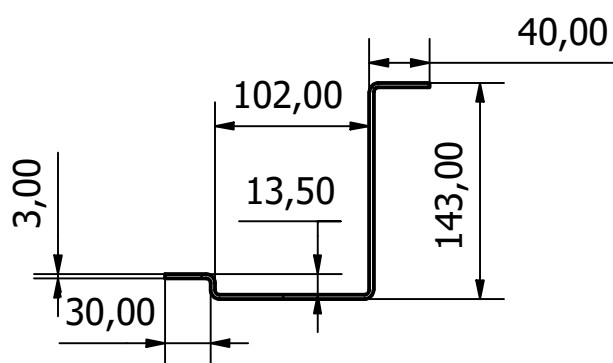
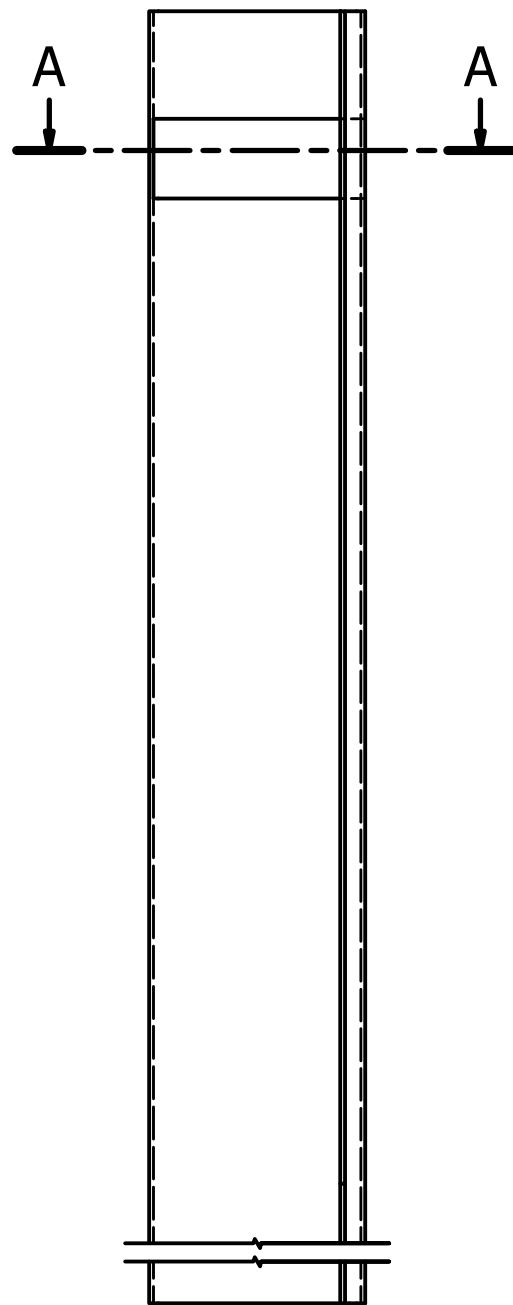
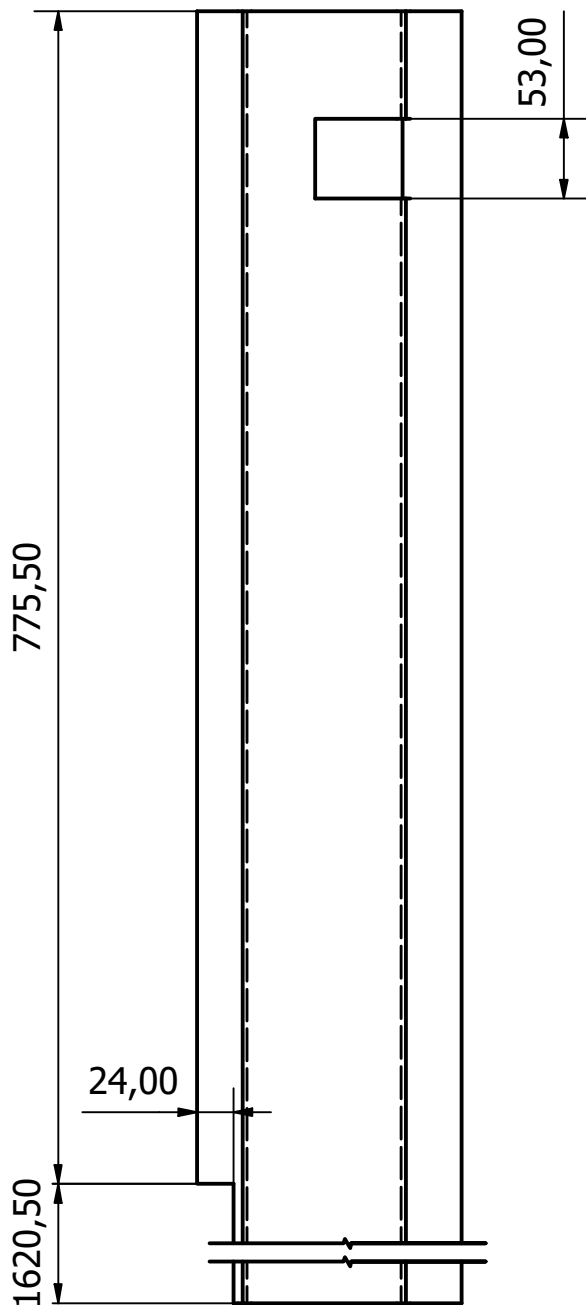
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Largueros superiores e inf del marco frontal y de la puerta.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 2
				Hoja 11 / 88



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Sinf_Elemento_Transversal.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 2
				Hoja 12 / 88

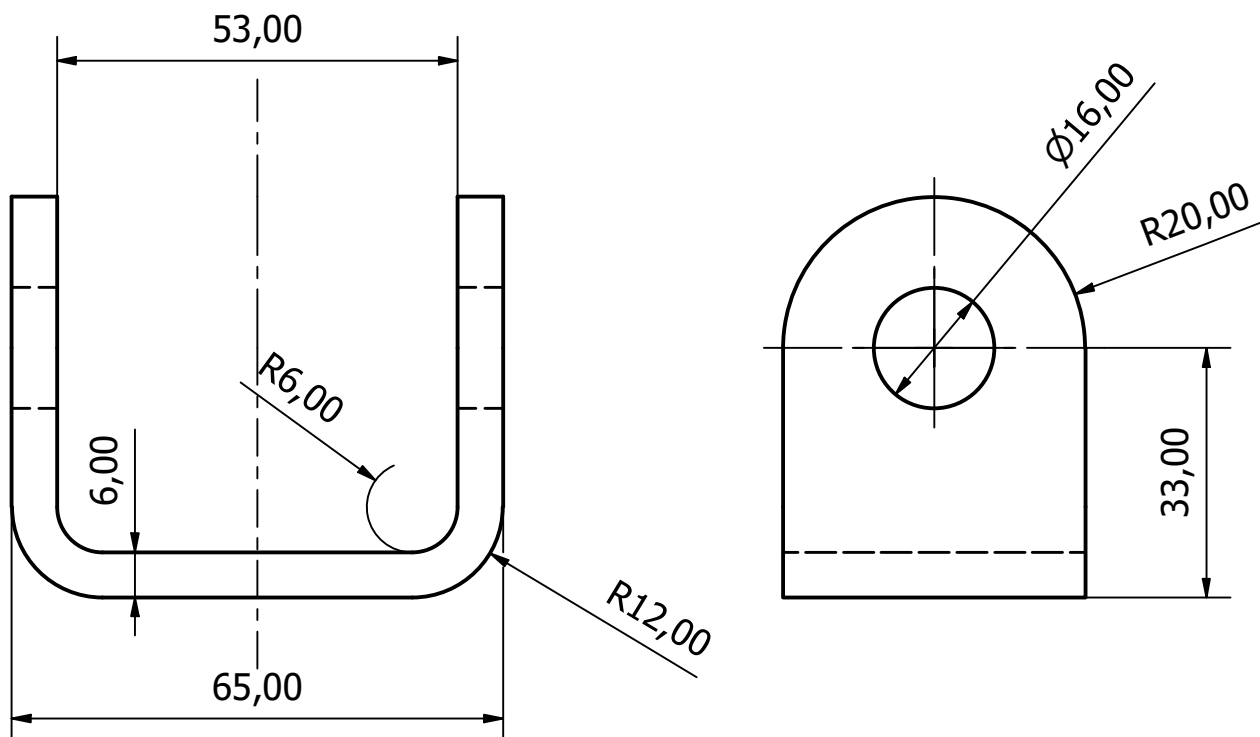


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Título Chapa_Cobertura_Lateral.ipt	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha		Tamaño de hoja A4	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Escala 1 : 5	Hoja 13 / 88

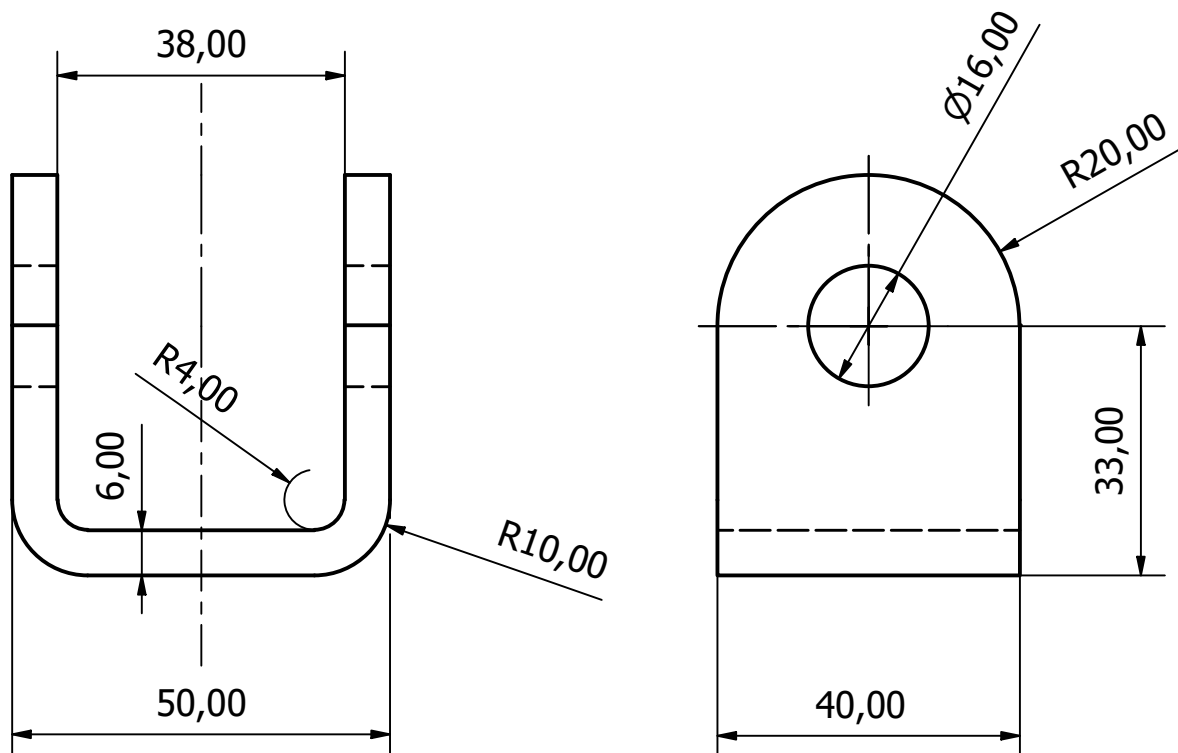


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Paneles_Laterales_Fijos.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 5      Hoja 14 / 88

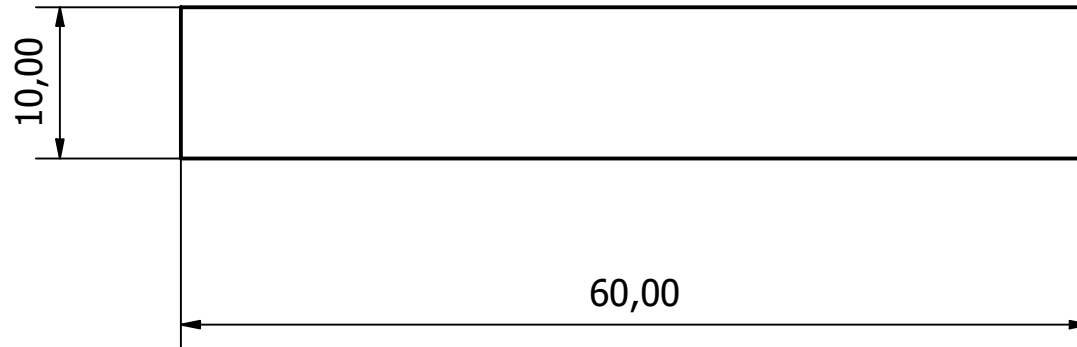
# BISAGRAS TIPO 2, PIEZA 1



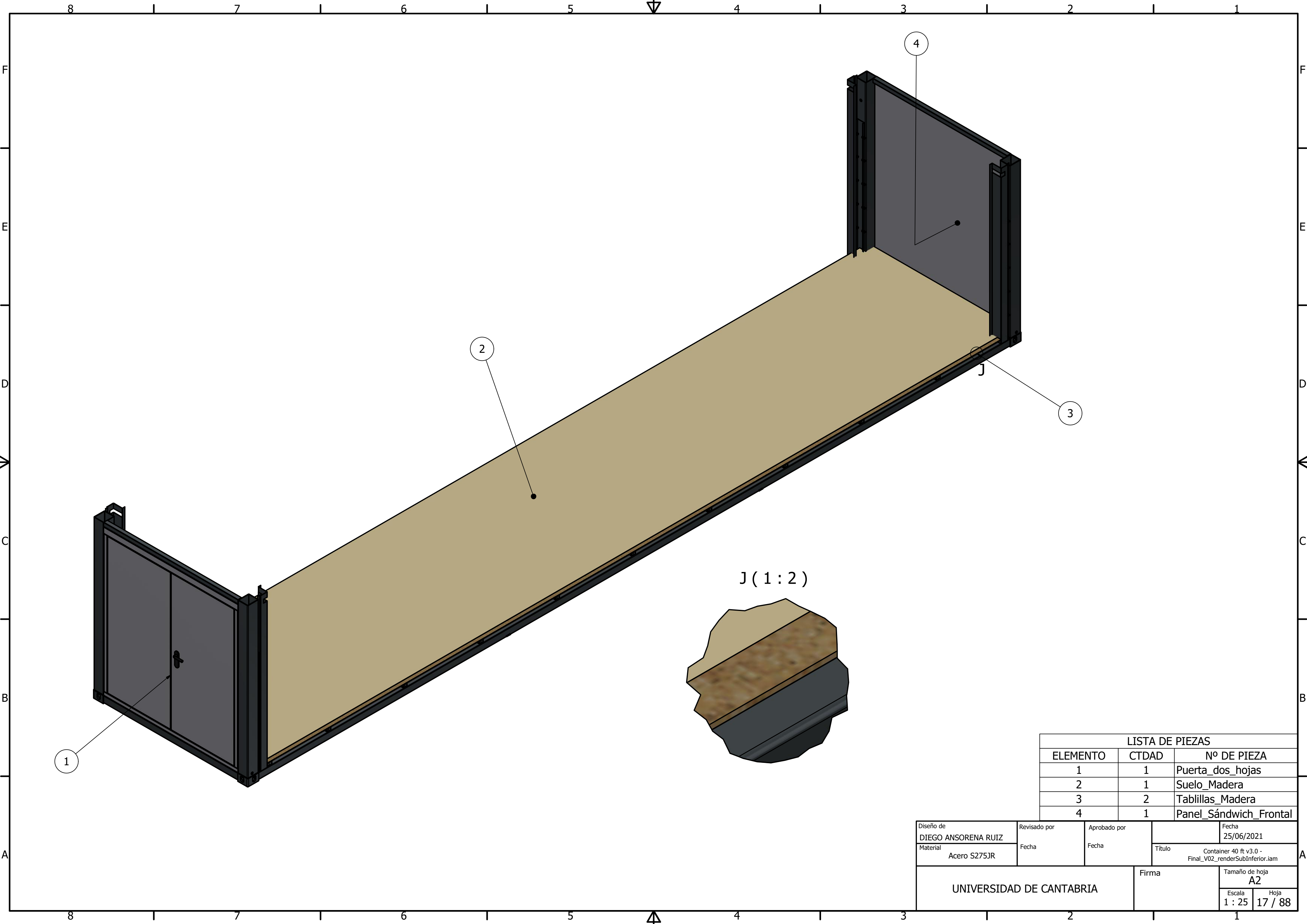
# BISAGRAS TIPO 2, PIEZA 2



Diseño de <b>DIEGO ANSORENA RUIZ</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha <b>25/06/2021</b>
Material <b>Acero S275JR</b>	Fecha	Fecha	Título <b>Bisagra1_Chapa1.ipt</b>
<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b>		Firma	Tamaño de hoja <b>A4</b>
			Escala <b>1 : 1</b>
			Hoja <b>15 / 88</b>



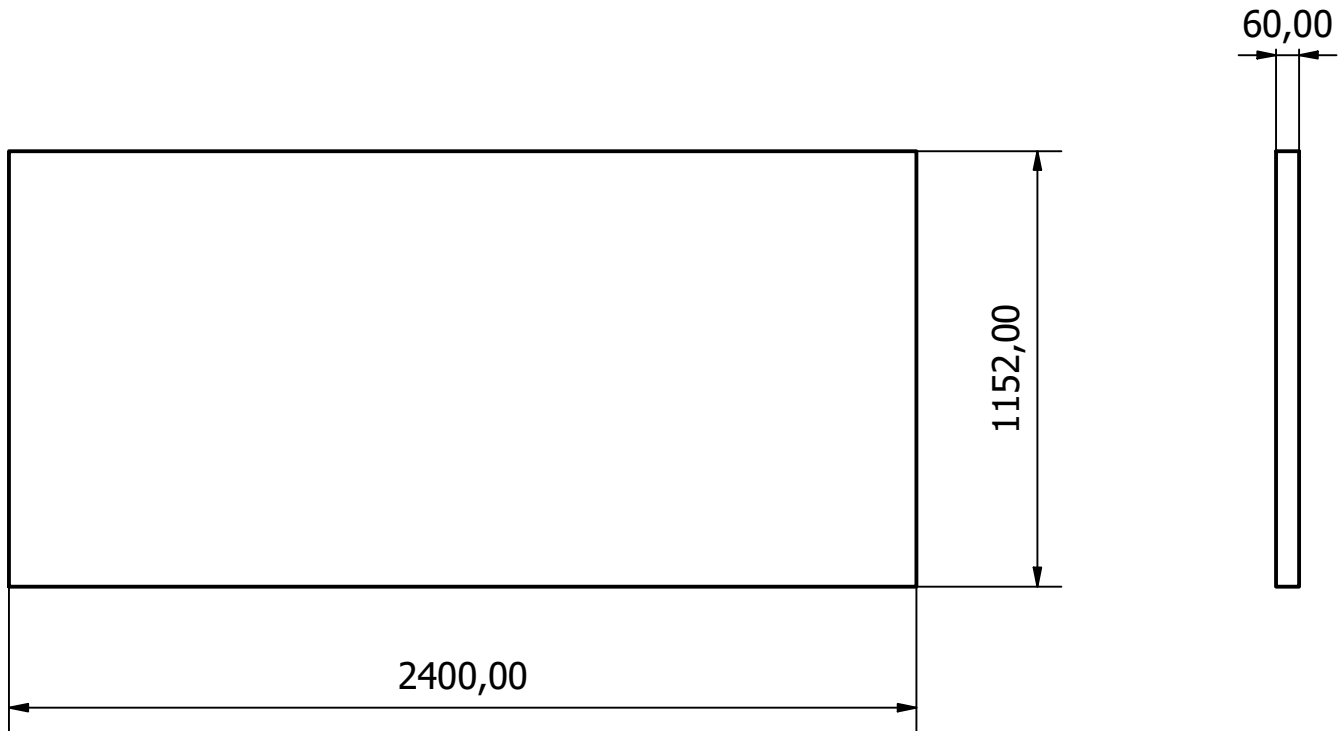
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Chapasoldada.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 2:1
				Hoja 16 / 88



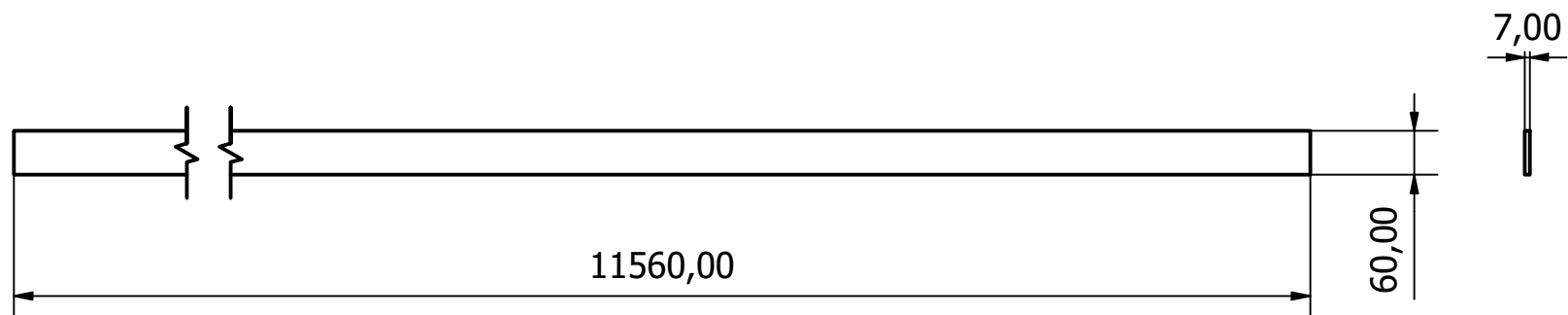
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Puerta_dos_hojas
2	1	Suelo_Madera
3	2	Tablillas_Madera
4	1	Panel_Sándwich_Frontal

Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Container 40 ft v3.0 - Final_V02_renderSubInferior.iam	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Tamaño de hoja A2	
			Escala 1 : 25	Hoja 17 / 88

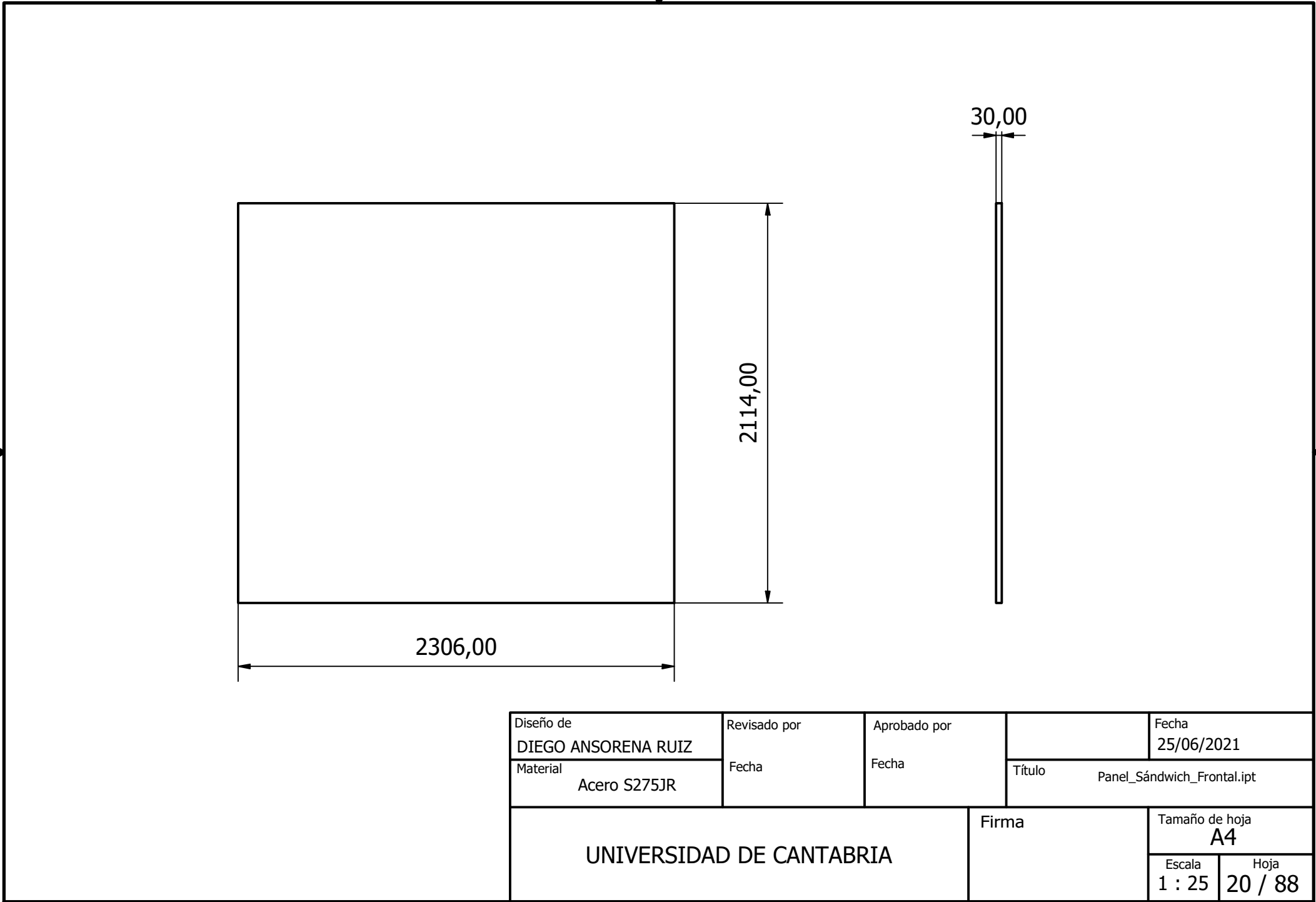


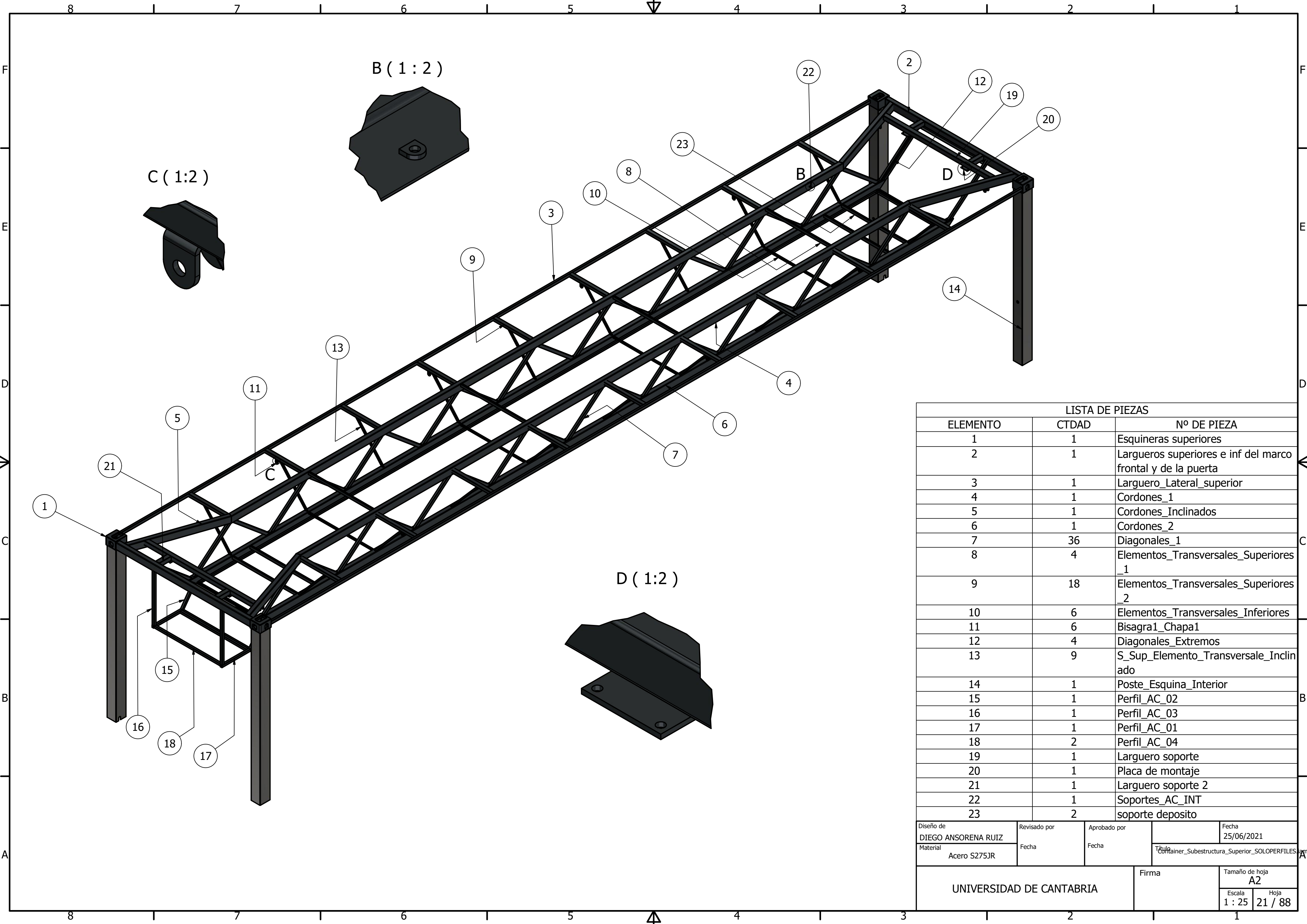


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Madera de contrachapado	Fecha	Fecha	Título Tablas_Madera.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 20
				Hoja 18 / 88

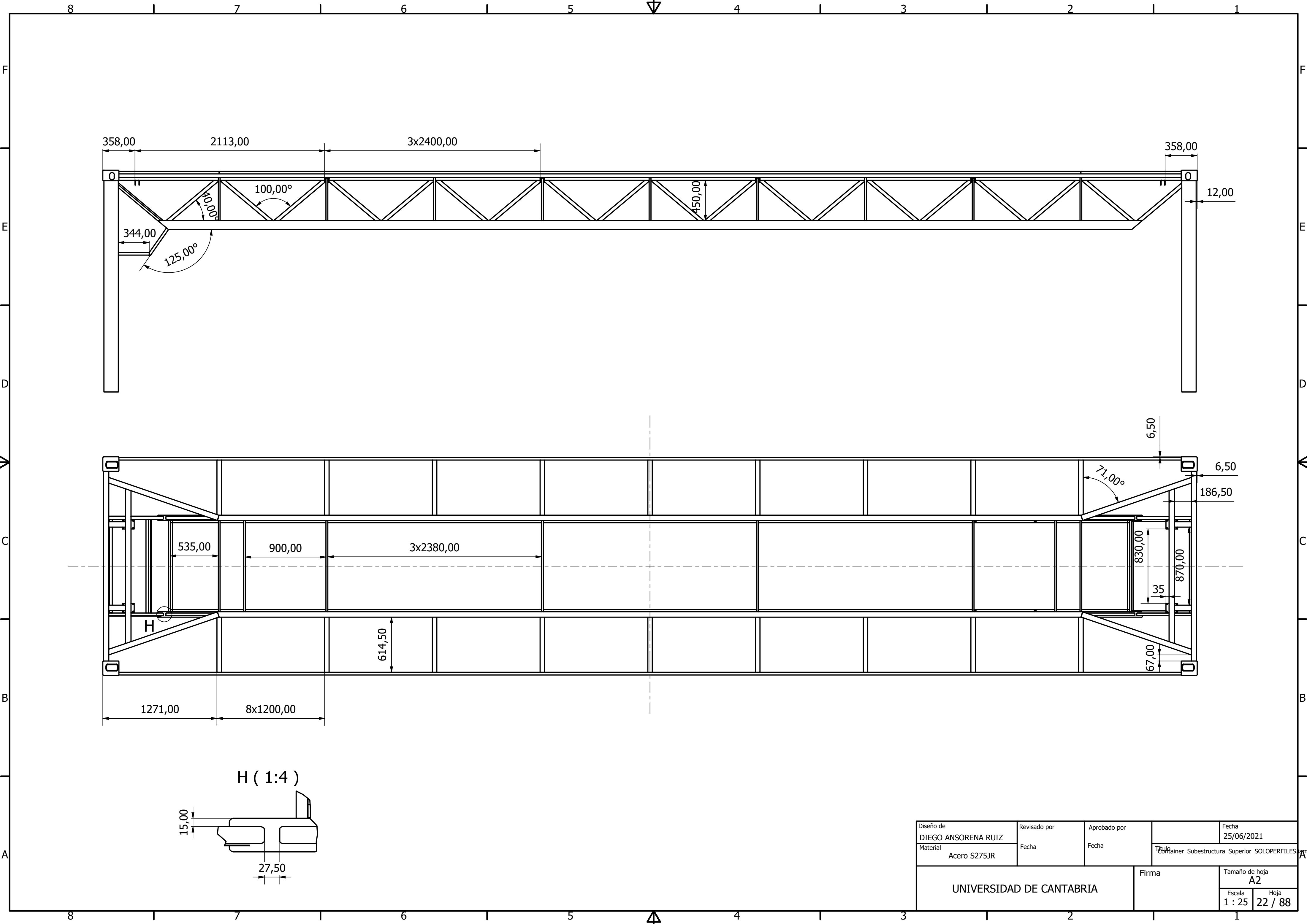


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Madera de contrachapado	Fecha	Fecha	Título Tablillas_Madera.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 19 / 88

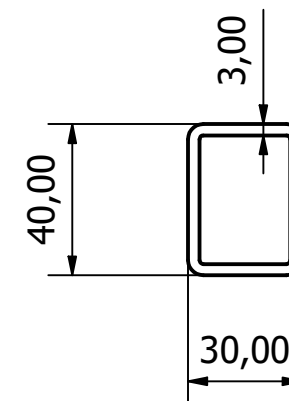
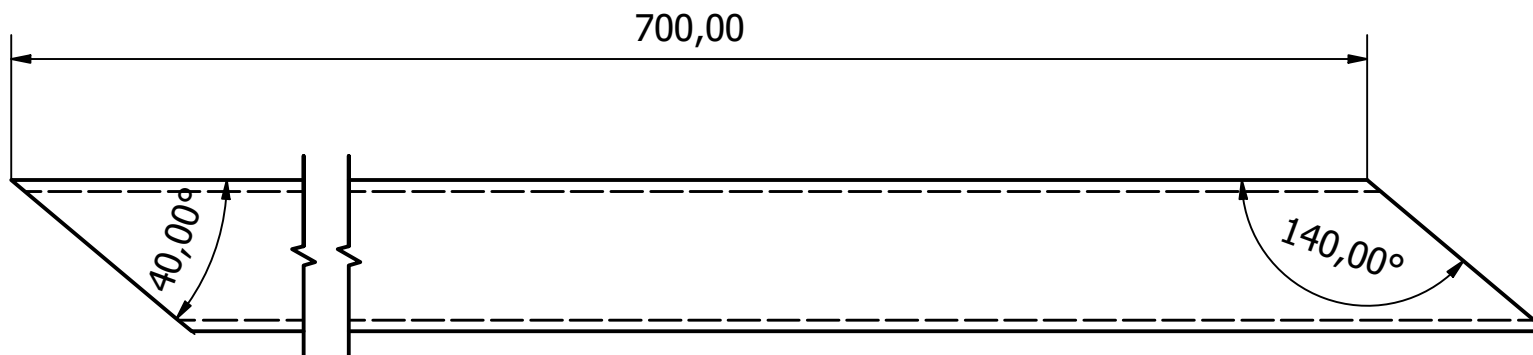




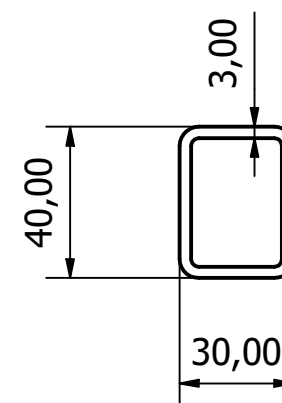
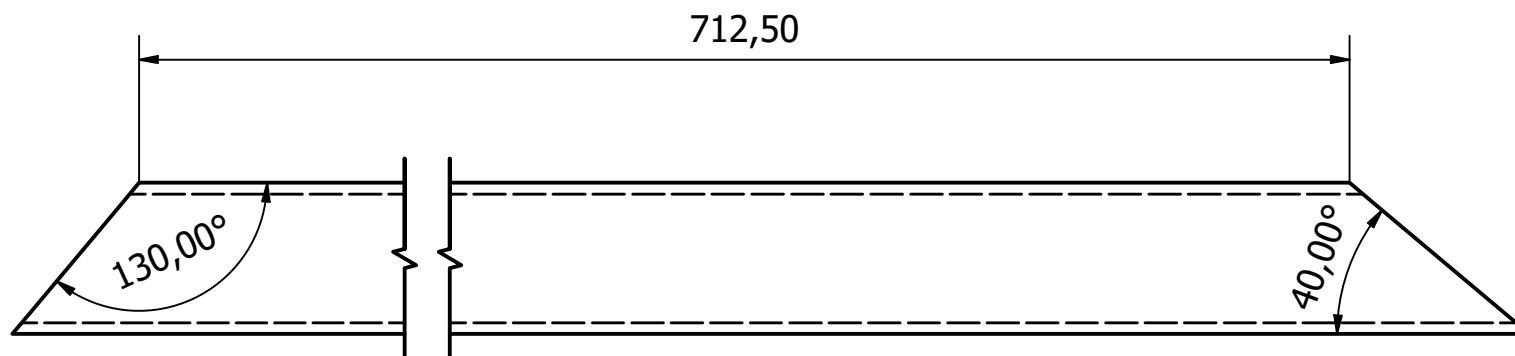
LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA		
1	1	Esquinas superiores		
2	1	Largueros superiores e inf del marco frontal y de la puerta		
3	1	Larguero_Lateral_superior		
4	1	Cordones_1		
5	1	Cordones_Inclinados		
6	1	Cordones_2		
7	36	Diagonales_1		
8	4	Elementos_Transversales_Superiores_1		
9	18	Elementos_Transversales_Superiores_2		
10	6	Elementos_Transversales_Inferiores		
11	6	Bisagra1_Chapa1		
12	4	Diagonales_Extremos		
13	9	S_Sup_Elemento_Transversale_Inclinado		
14	1	Poste_Esquina_Interior		
15	1	Perfil_AC_02		
16	1	Perfil_AC_03		
17	1	Perfil_AC_01		
18	2	Perfil_AC_04		
19	1	Larguero soporte		
20	1	Placa de montaje		
21	1	Larguero soporte 2		
22	1	Soportes_AC_INT		
23	2	soporte deposito		
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha	Título Container_Subestructura_Superior_SOLOPERFILES
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A2
				Escala 1 : 25
				Hoja 21 / 88



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Container_Subestructura_Superior_SOLOPERFILES
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Firma	Tamaño de hoja A2
			Escala 1 : 25
			Hoja 22 / 88

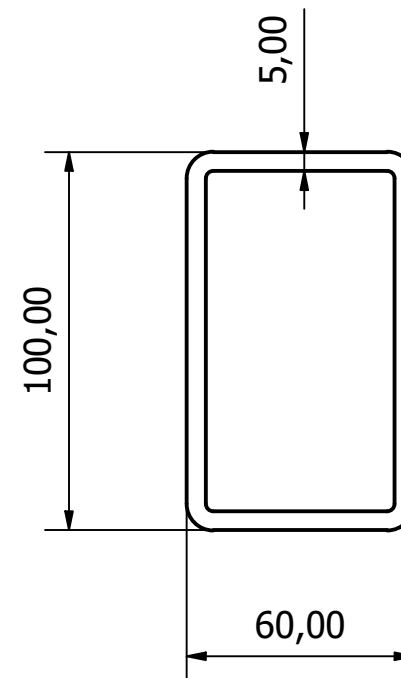
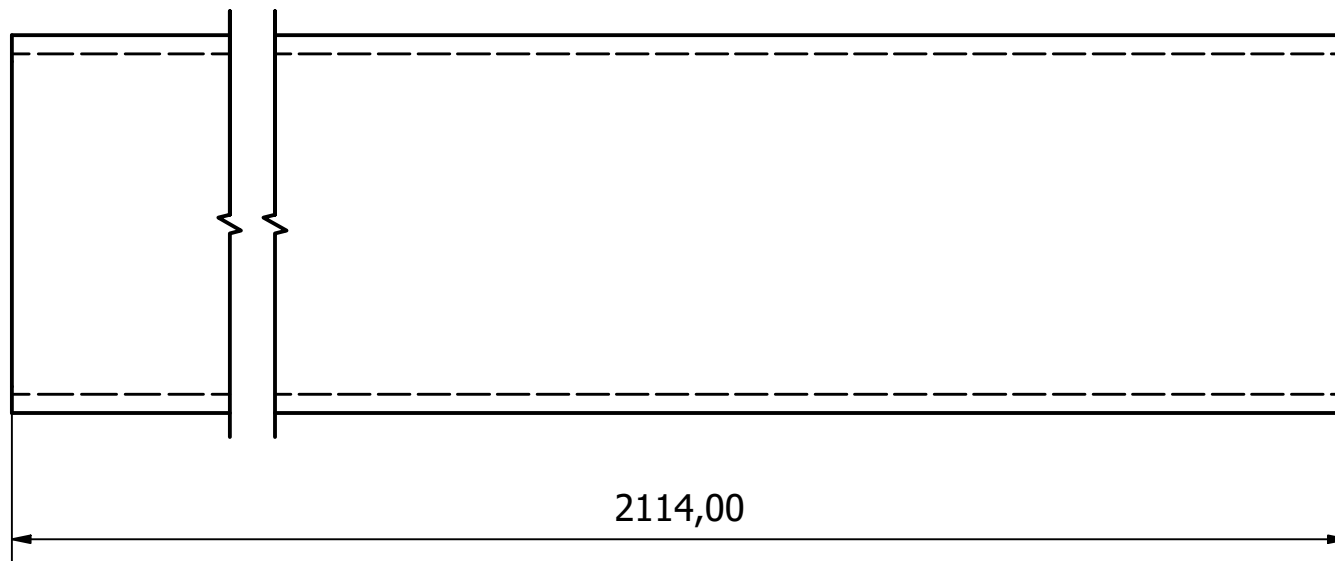


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Diagonales_1.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1:2
				Hoja 23 / 88

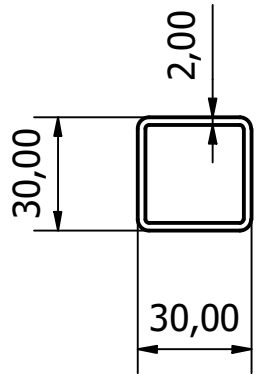
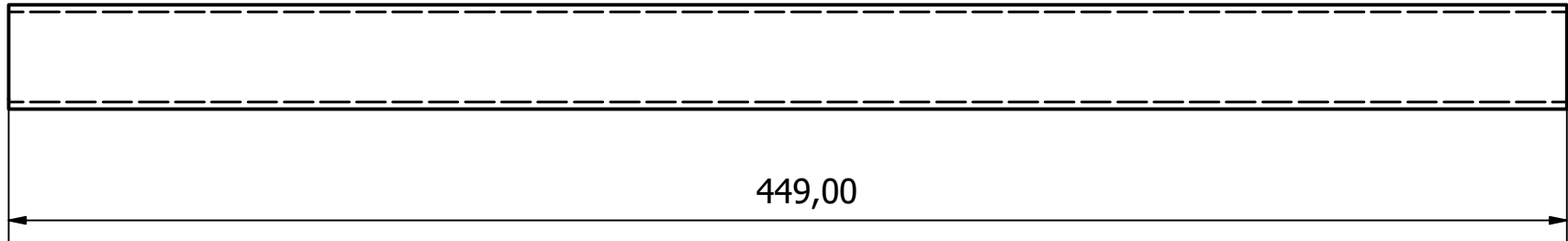


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Diagonales_Extremos.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				<div> Escala 1 : 2 </div> <div> Hoja 24 / 88 </div>



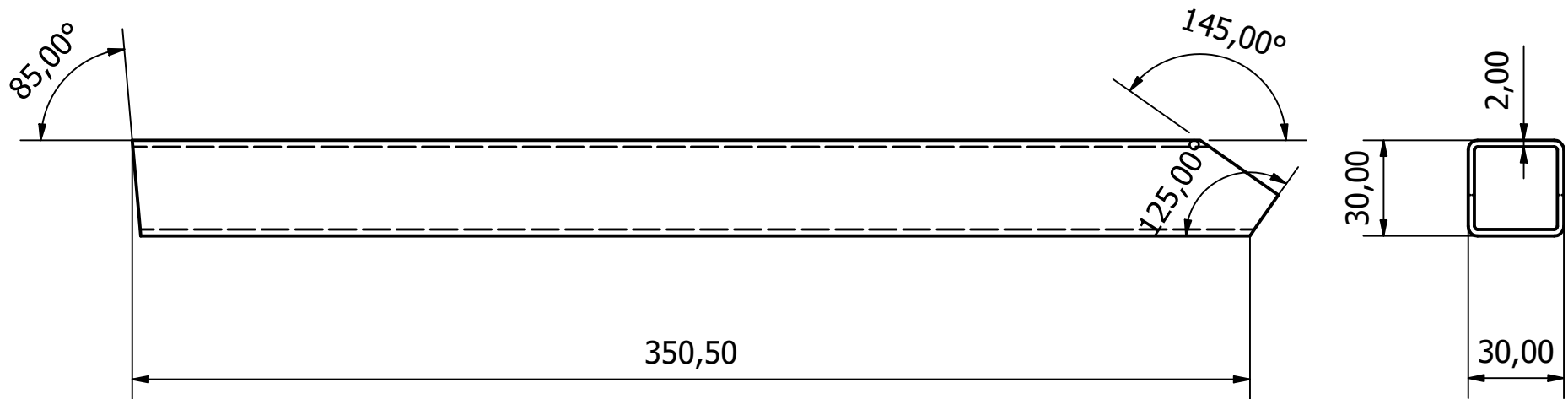


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Largueros superiores e inf del marco frontal y de la puerta.ipt	Tamaño de hoja A4
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Escala 1 : 2
				Hoja 25 / 88

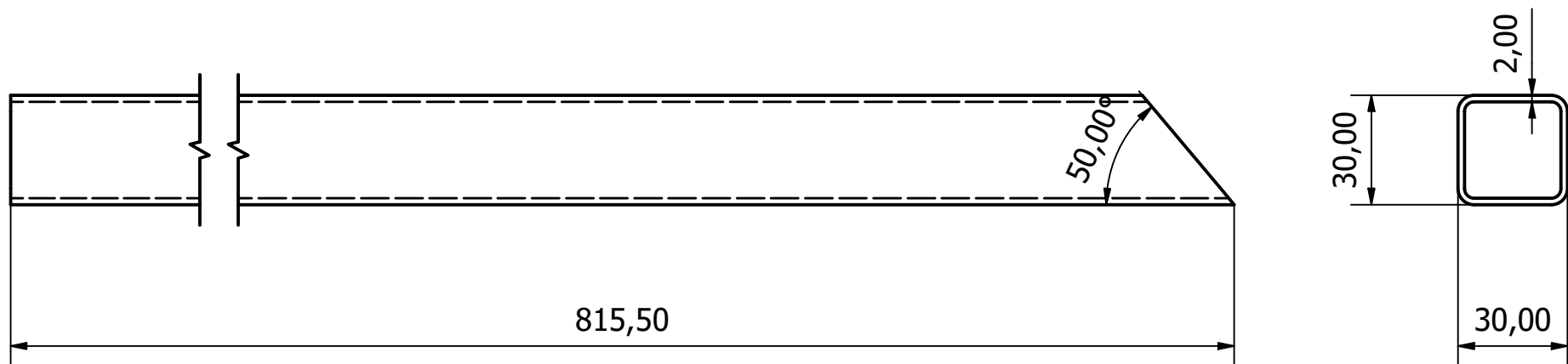


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Perfil_AC_01.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 2
				Hoja 26 / 88

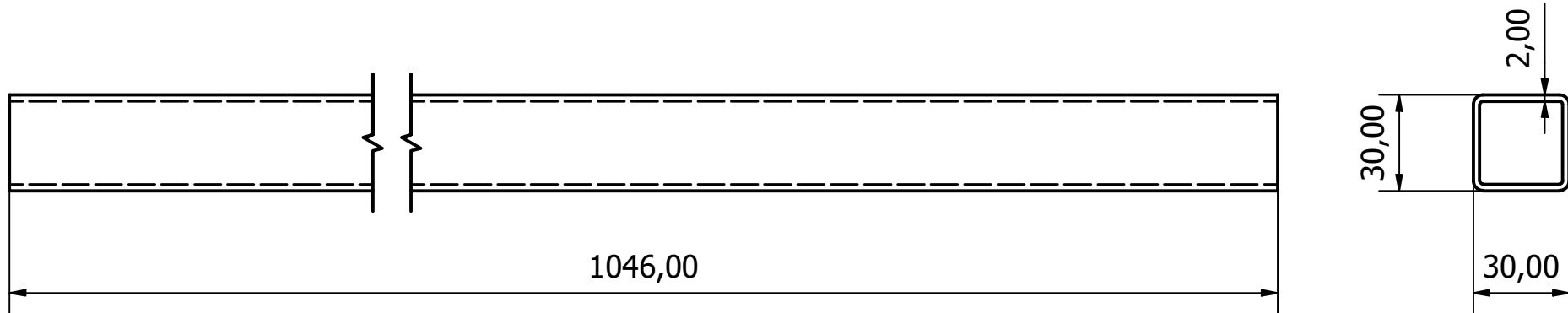




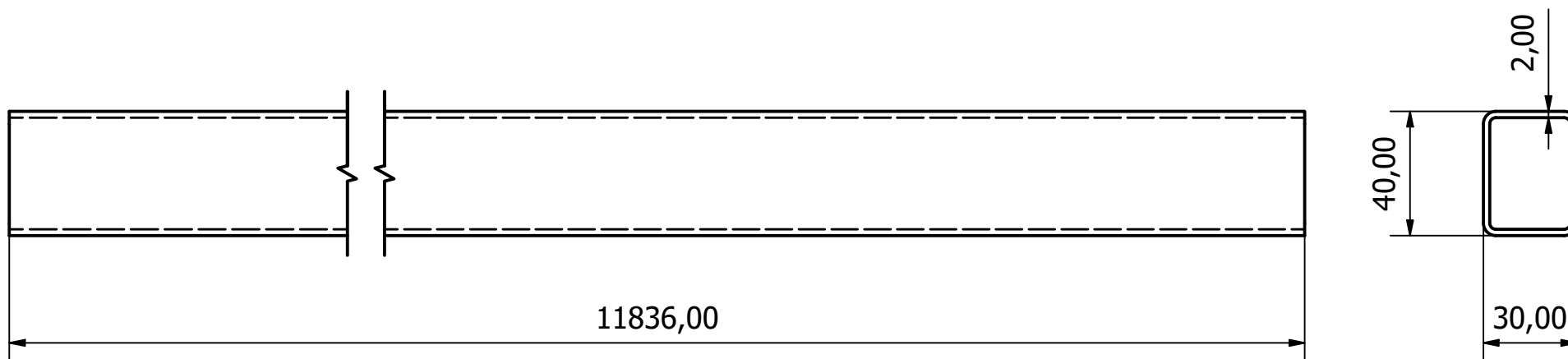
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Perfil_AC_02.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 2
				Hoja 27 / 88



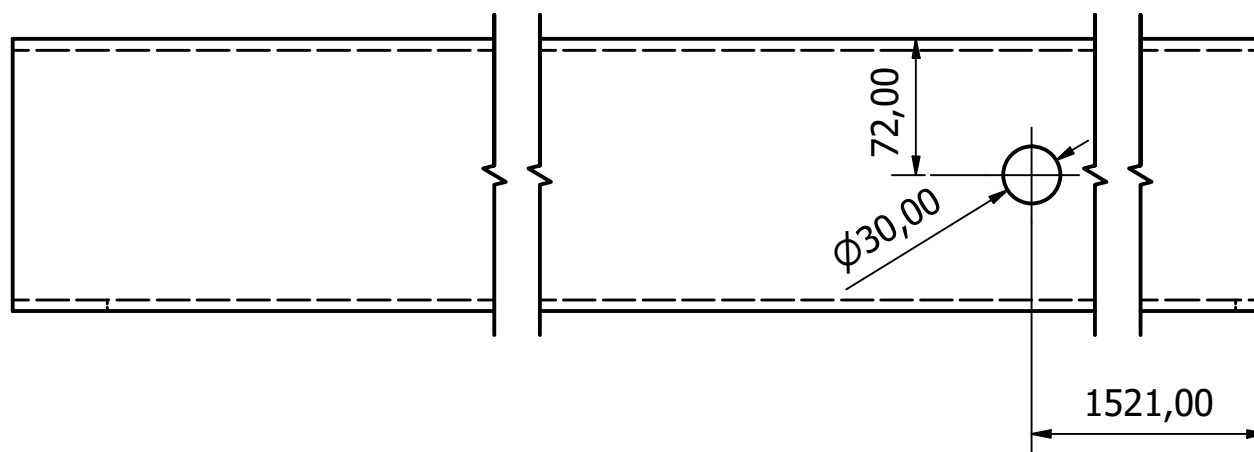
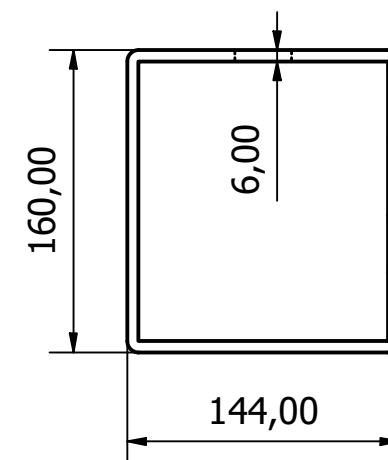
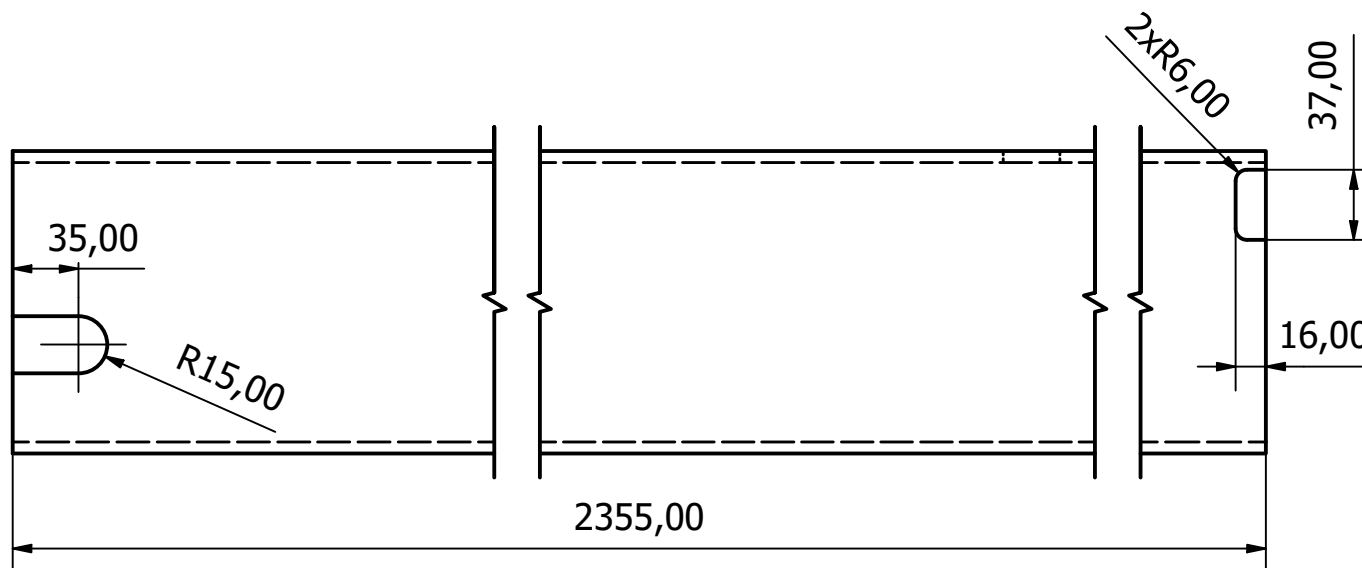
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Perfil_AC_03.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1:2
				Hoja 28 / 88



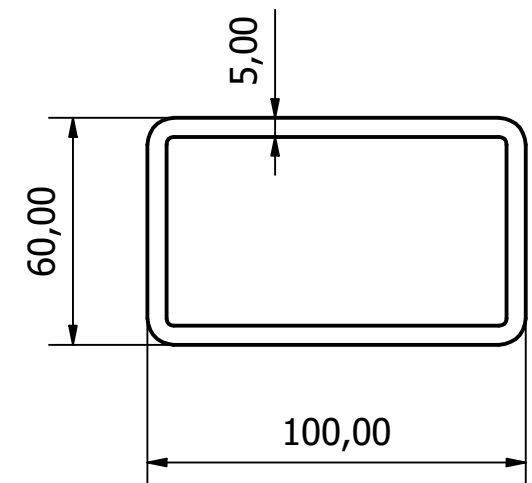
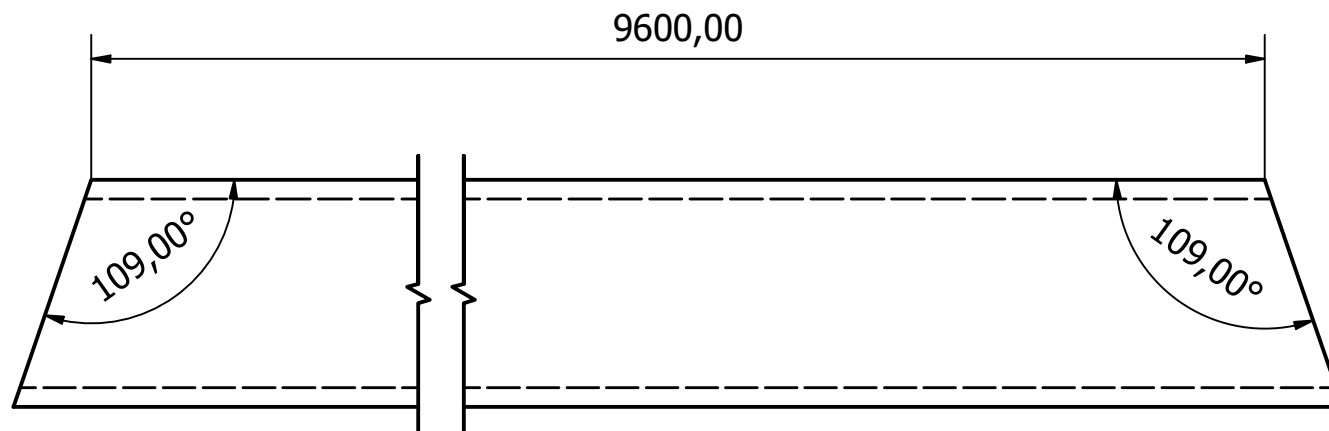
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Perfil_AC_04.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1:2
				Hoja 29 / 88



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Larguero_Lateral_superior.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 2
				Hoja 30 / 88

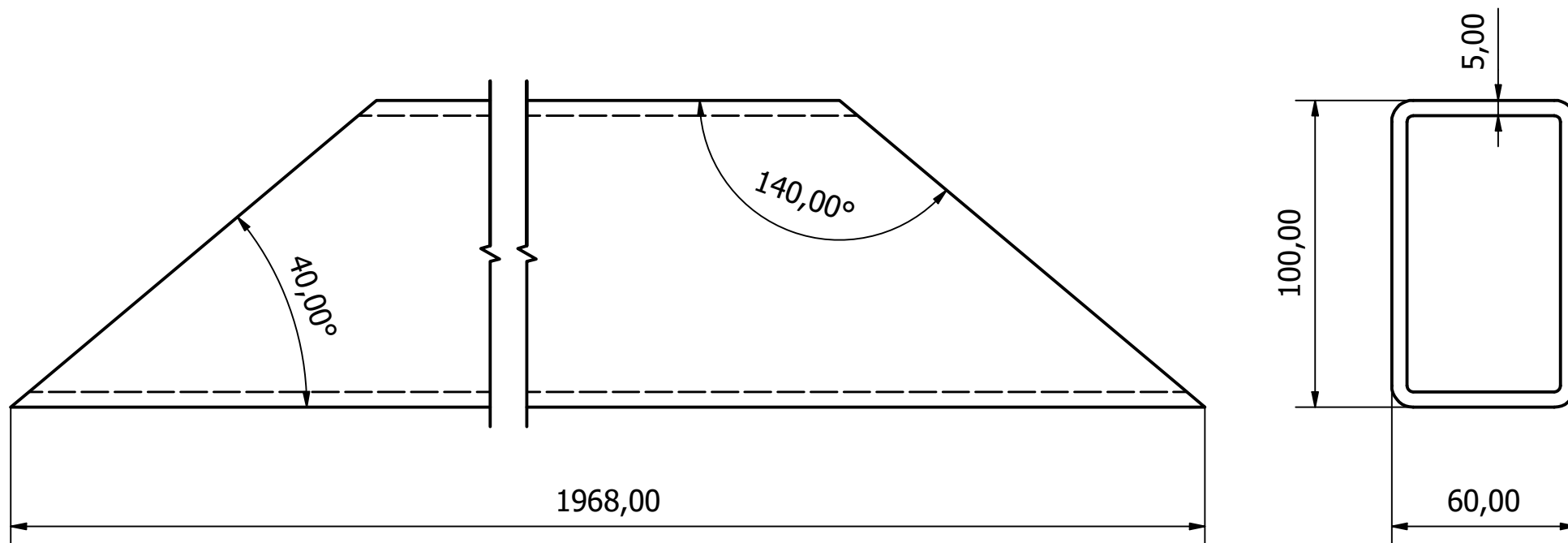


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Poste_Esquina_Interior.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Tamaño de hoja A4	
			Escala 1:4	Hoja 31 / 88

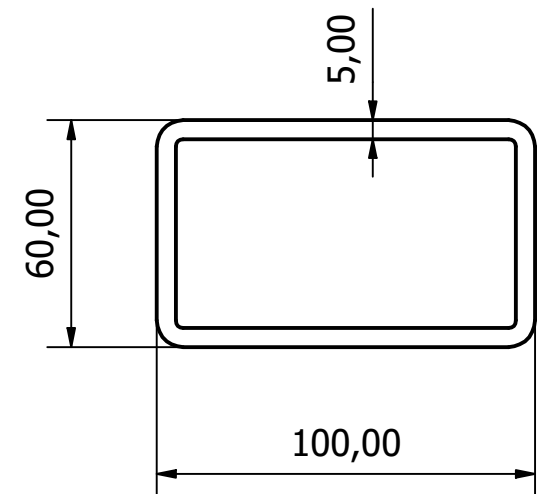
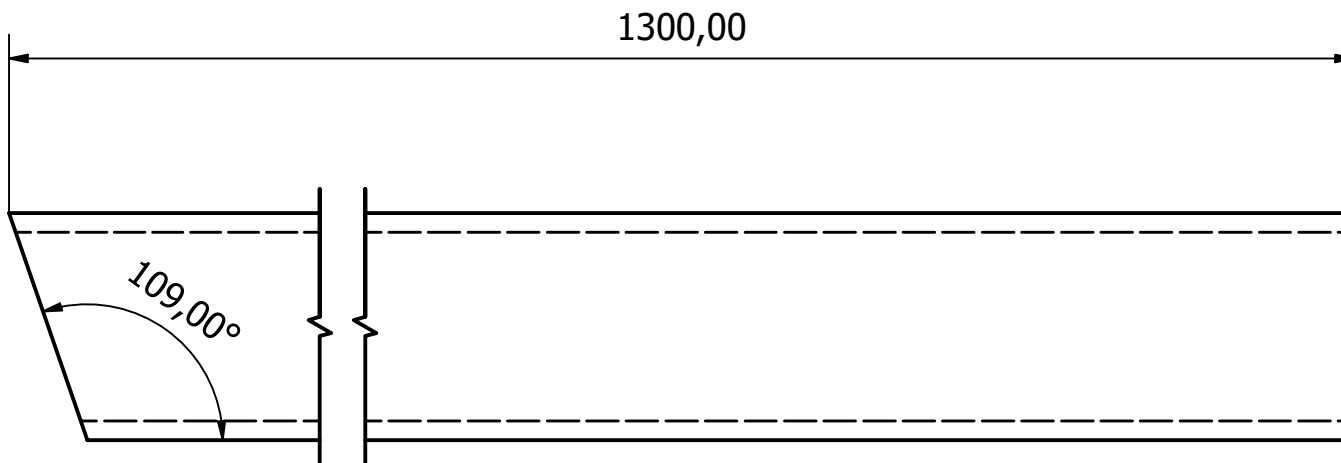


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Cordones.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1:2
				Hoja 32 / 88

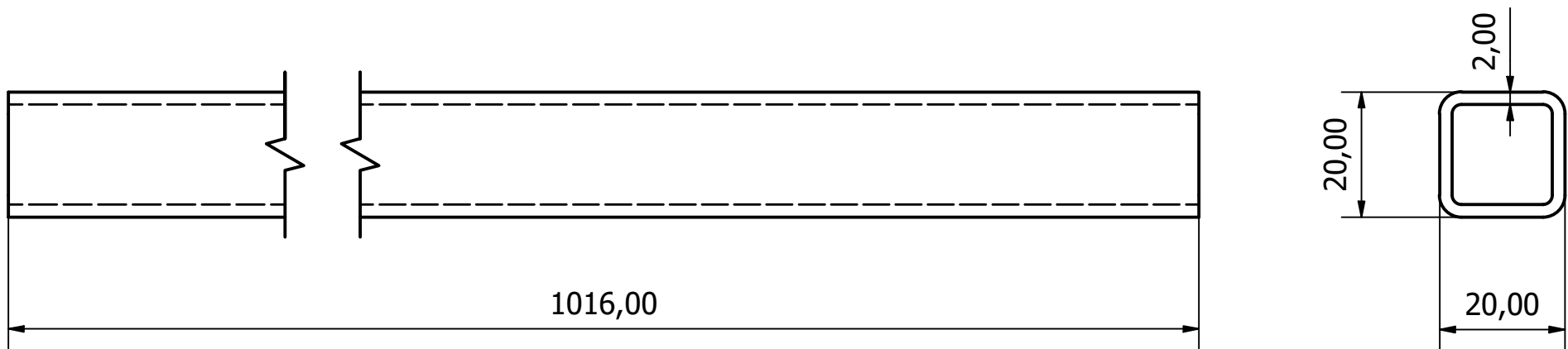




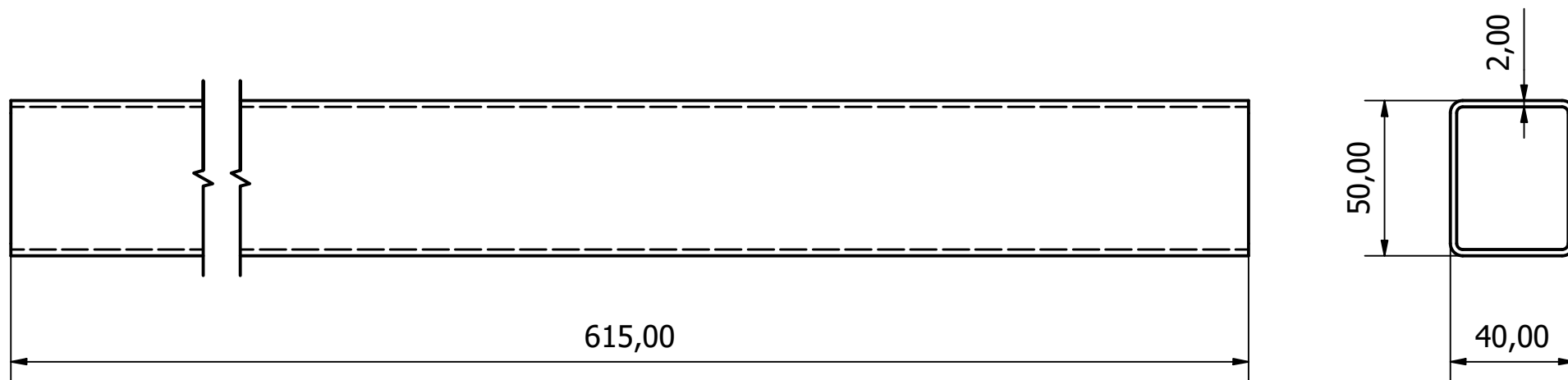
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Cordones_2.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Tamaño de hoja A4	
			Escala 1:2	Hoja 33 / 88



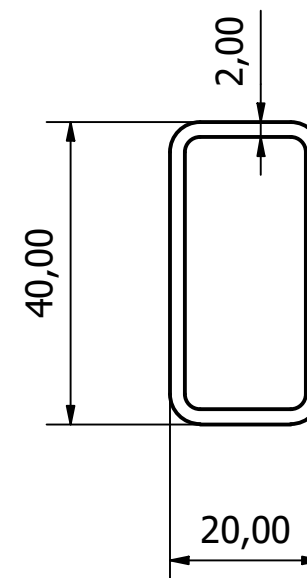
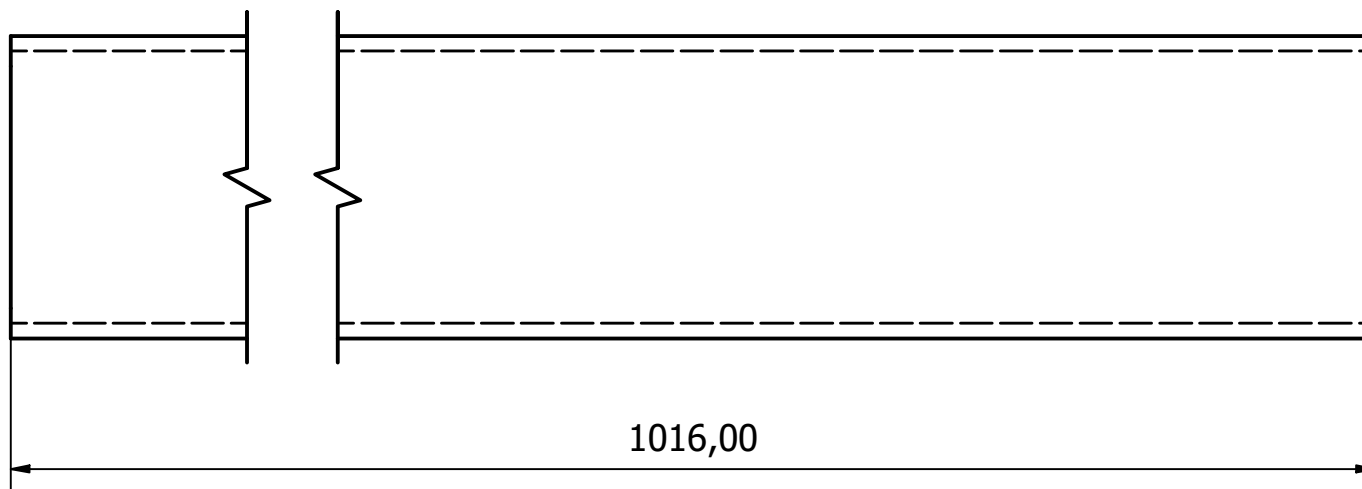
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Cordones_Inclinados.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1:2      Hoja 34 / 88



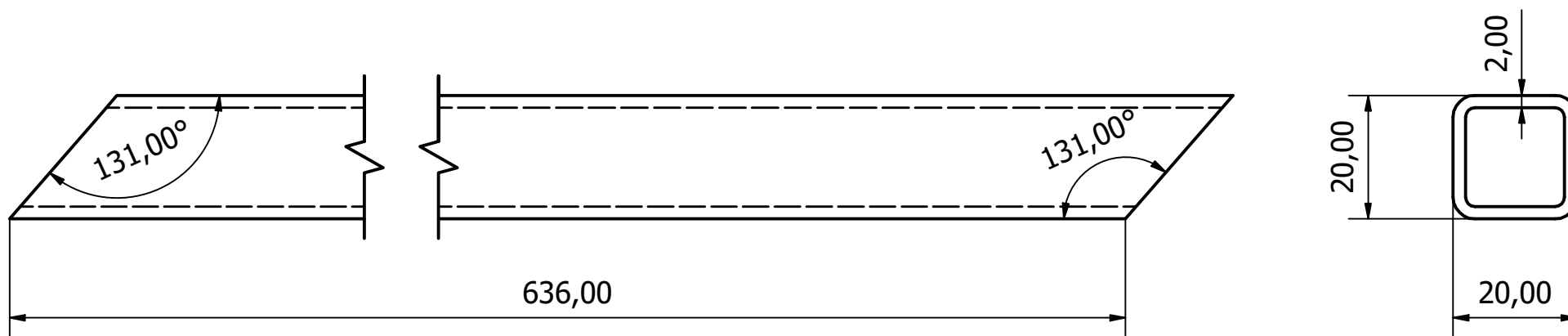
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Elementos_Transversales_Inferiores.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 1
				Hoja 35 / 88



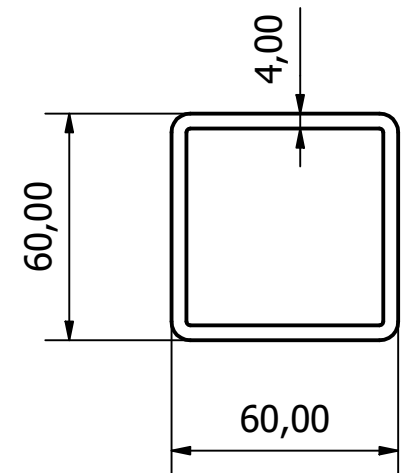
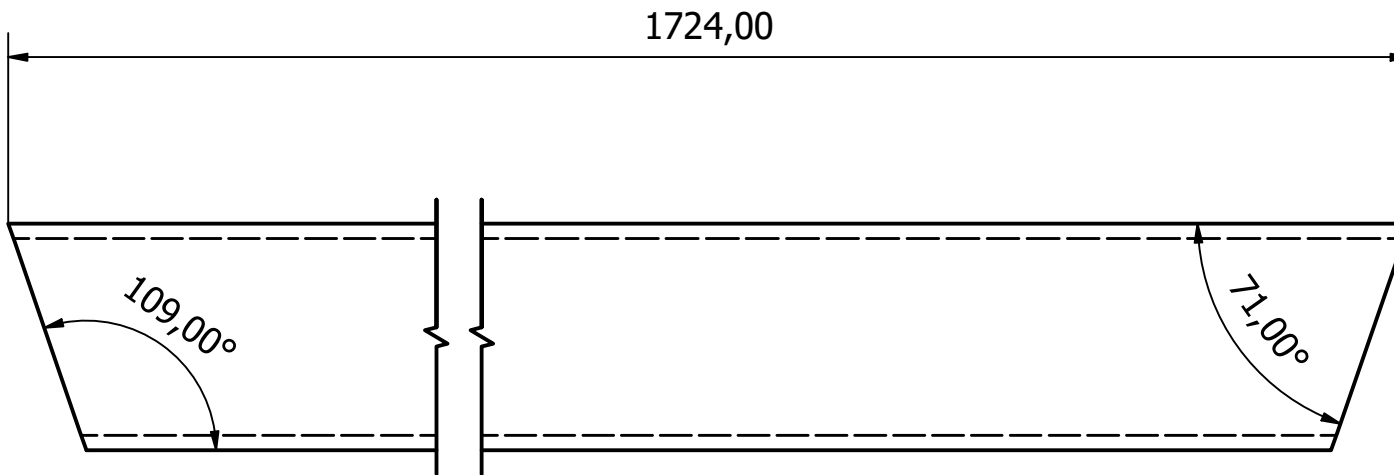
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Elementos_Transversales_Superiores_.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1:2
				Hoja 36 / 88



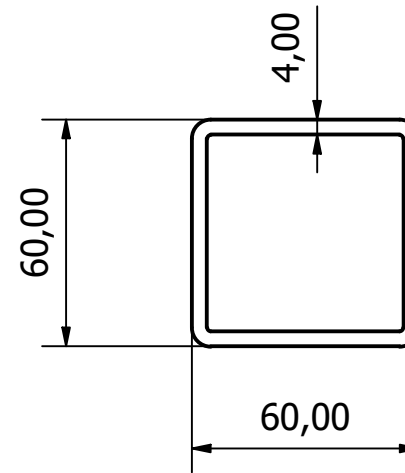
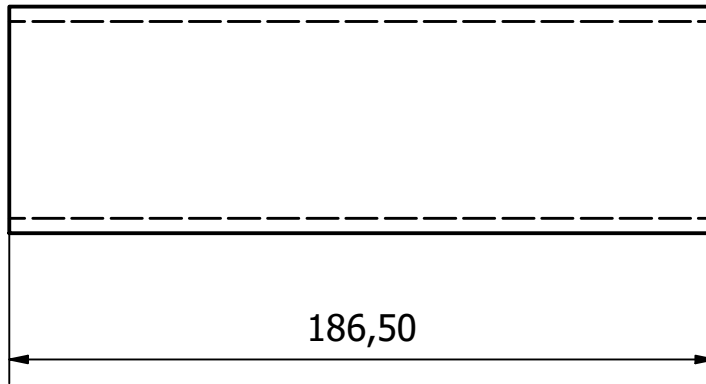
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Elementos_Transversales_Superiores.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Tamaño de hoja A4	
			Escala 1 : 1	Hoja 37 / 88



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título S_Sup_Elemento_Transversale_Inclinado.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Tamaño de hoja A4	
			Escala 1 : 1	Hoja 38 / 88

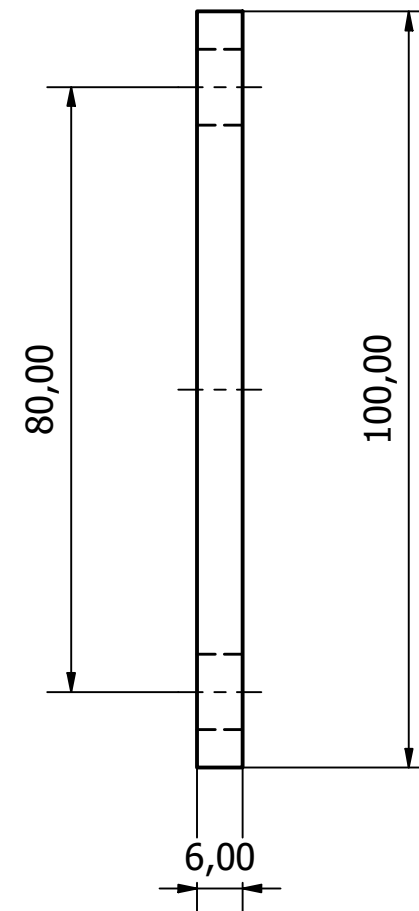
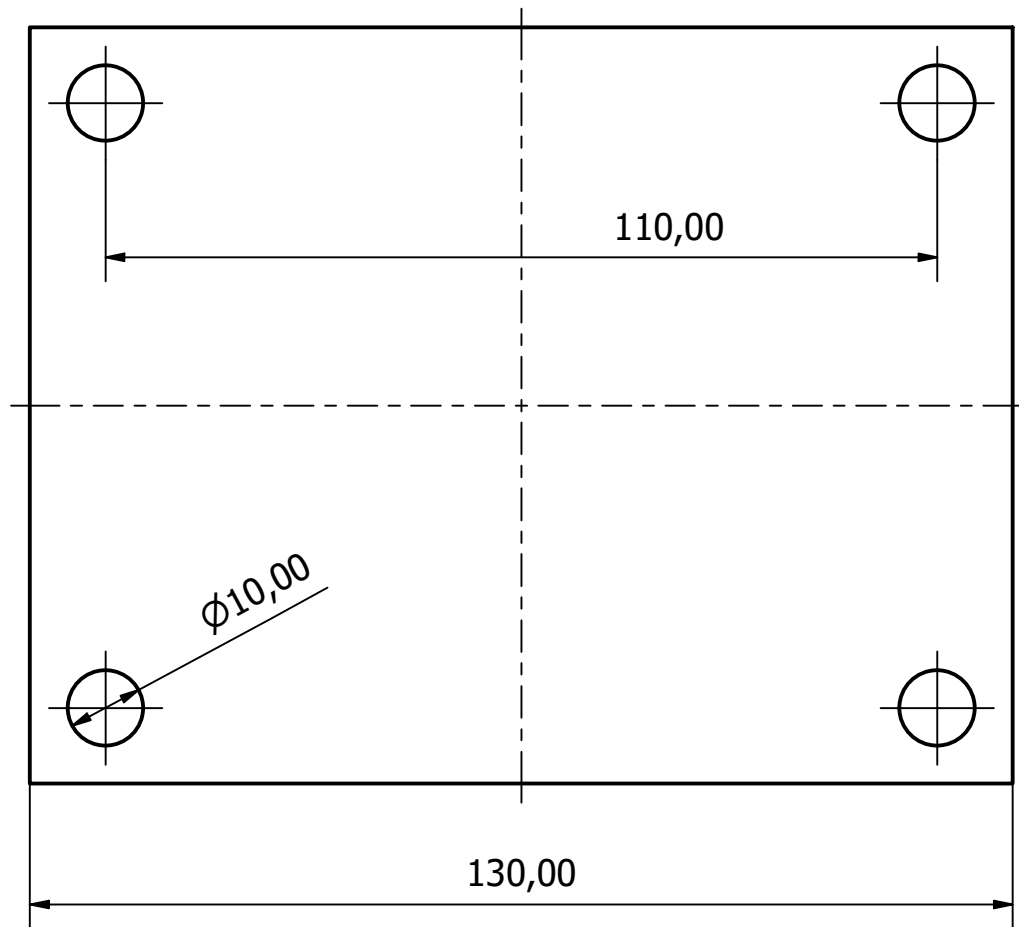


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha	Título Larguero soporte.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma		Tamaño de hoja A4
					Escala 1:2      Hoja 39 / 88



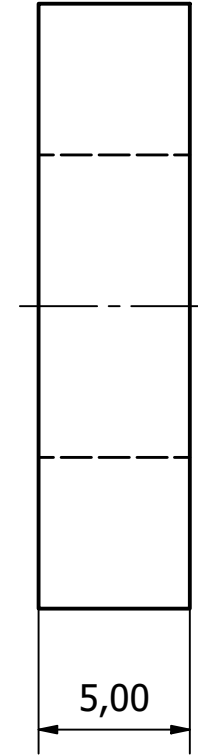
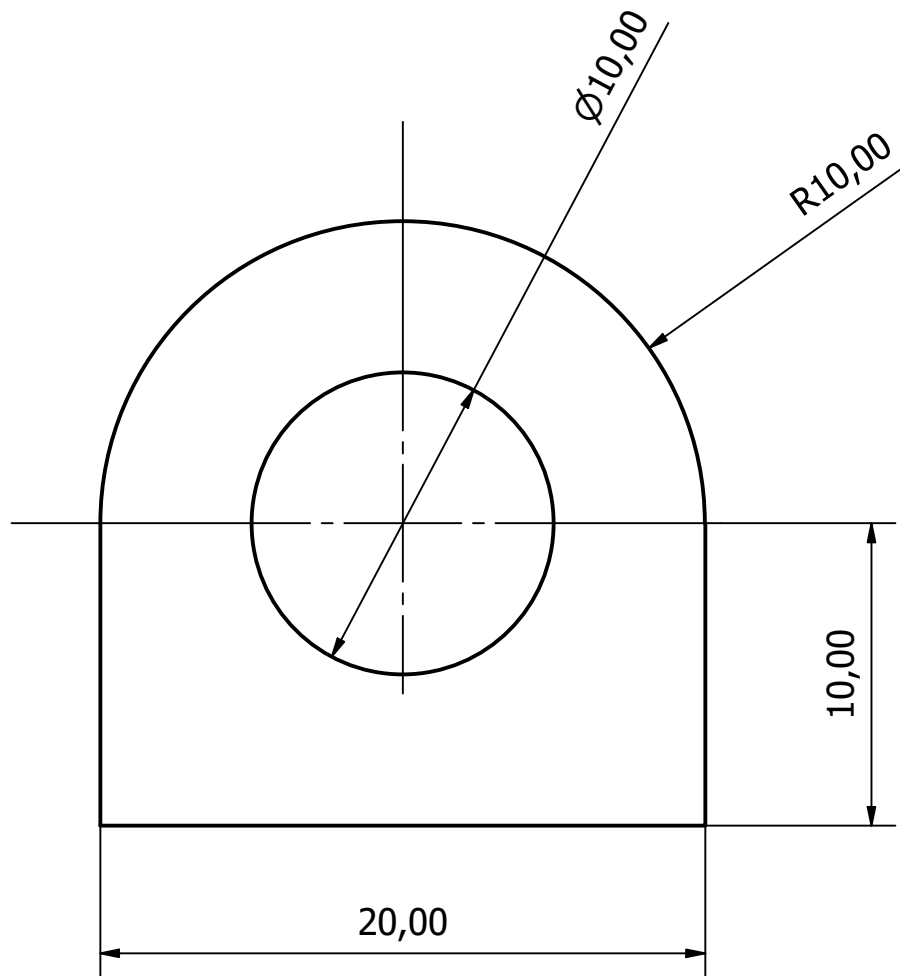
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Larguero soporte 2.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Escala 1 : 2	Hoja 40 / 88



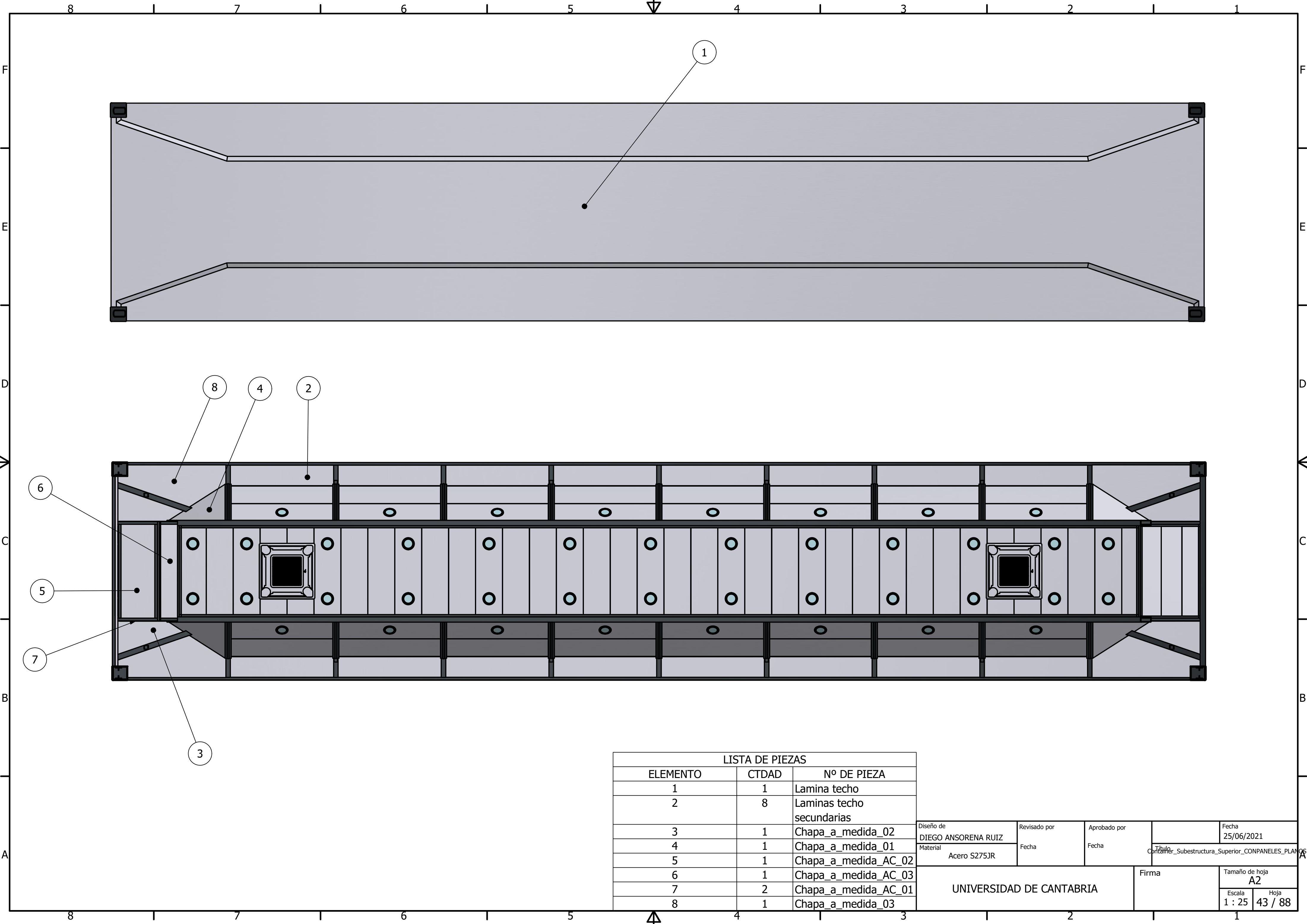


Diseño de <b>DIEGO ANSORENA RUIZ</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha <b>25/06/2021</b>
Material <b>Acero S275JR</b>	Fecha	Fecha	
Título <b>Placa de montaje.ipt</b>			Tamaño de hoja <b>A4</b>
Firma		Escala <b>1 : 1</b>	
Hoja <b>41 / 88</b>			

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

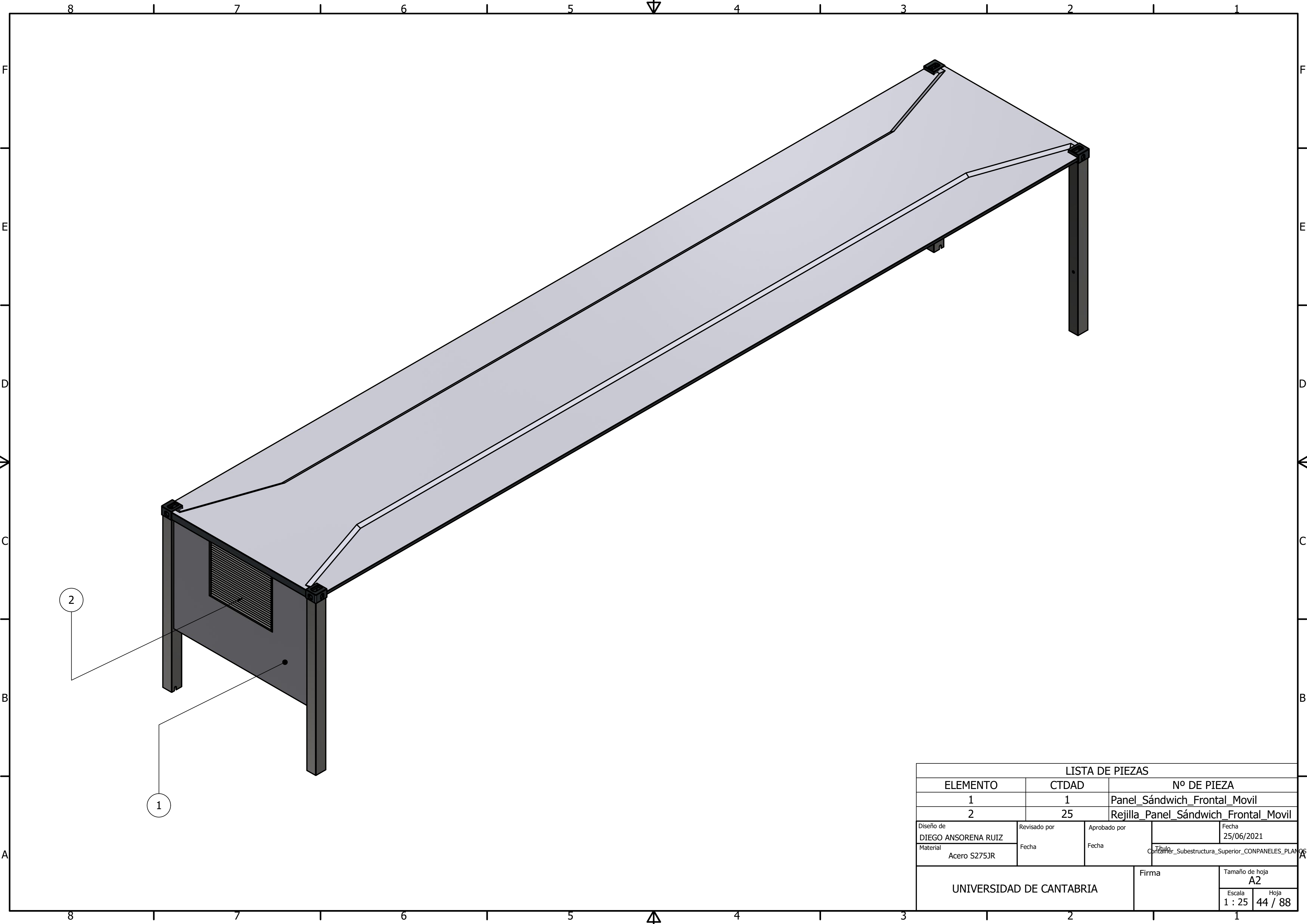


Diseño de <b>DIEGO ANSORENA RUIZ</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha <b>25/06/2021</b>	
Material <b>Acero S275JR</b>	Fecha	Fecha	Título <b>Soportes_AC_INT.ipt</b>	
<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b>			Firma	
			Tamaño de hoja <b>A4</b>	
			Escala <b>4 : 1</b>	Hoja <b>42 / 88</b>

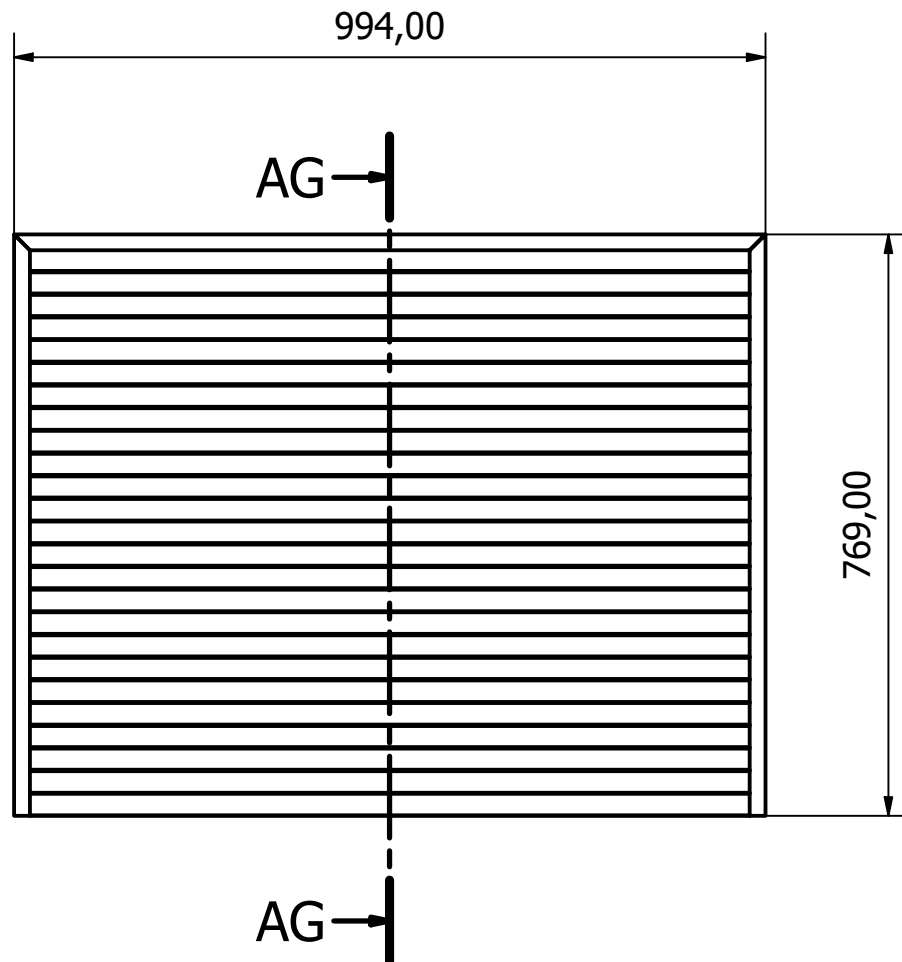


LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Lamina techo
2	8	Laminas techo secundarias
3	1	Chapa_a_medida_02
4	1	Chapa_a_medida_01
5	1	Chapa_a_medida_AC_02
6	1	Chapa_a_medida_AC_03
7	2	Chapa_a_medida_AC_01
8	1	Chapa_a_medida_03

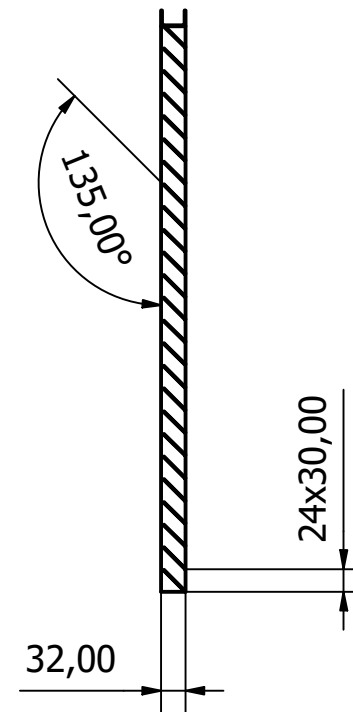
Diseño de <b>DIEGO ANSORENA RUIZ</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha <b>25/06/2021</b>		
Material <b>Acero S275JR</b>	Fecha	Fecha	Título <b>Container_Subestructura_Superior_CONPANELES_PLANOS</b>	<b>A</b>	
<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b>			Firma		Tamaño de hoja <b>A2</b>
			Escala <b>1 : 25</b>		Hoja <b>43 / 88</b>



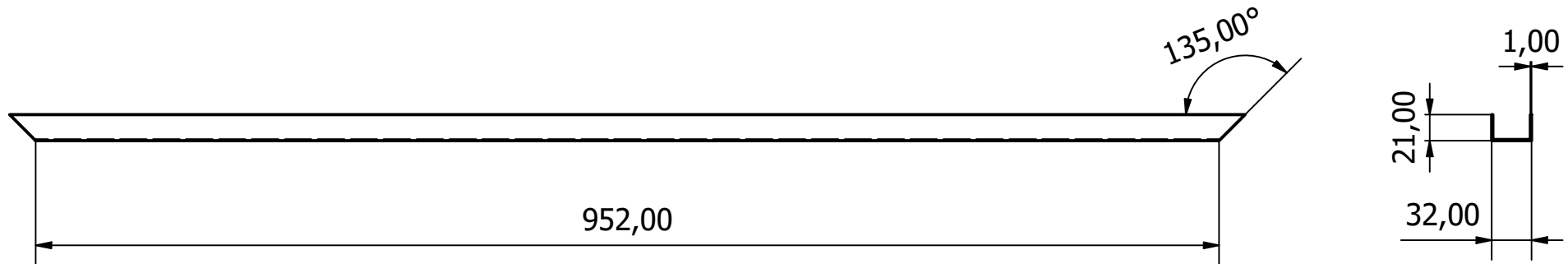
LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO		CTDAD	Nº DE PIEZA	
1		1	Panel_Sándwich_Frontal_Movil	
2		25	Rejilla_Panel_Sándwich_Frontal_Movil	
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha	Título Container_Subestructura_Superior_CONPANELES_PLANO
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A2
				Escala 1 : 25
				Hoja 44 / 88



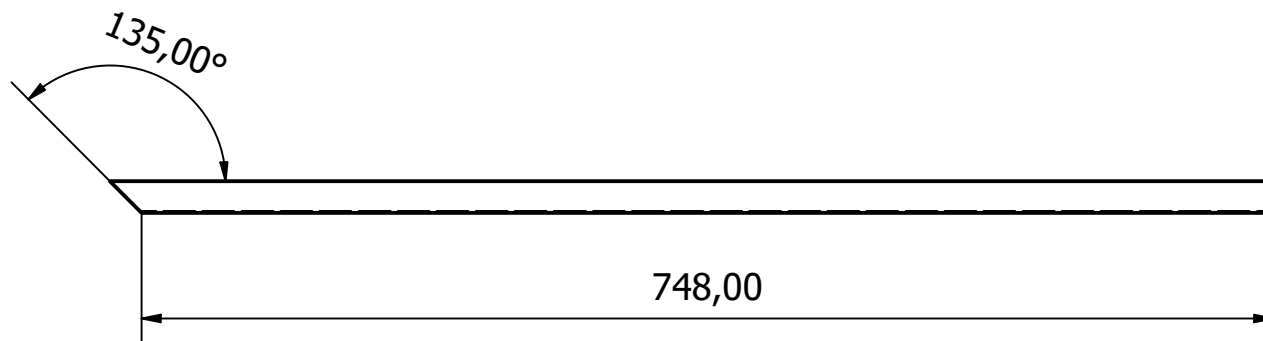
AG-AG ( 1 : 10 )



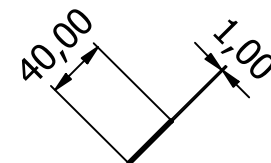
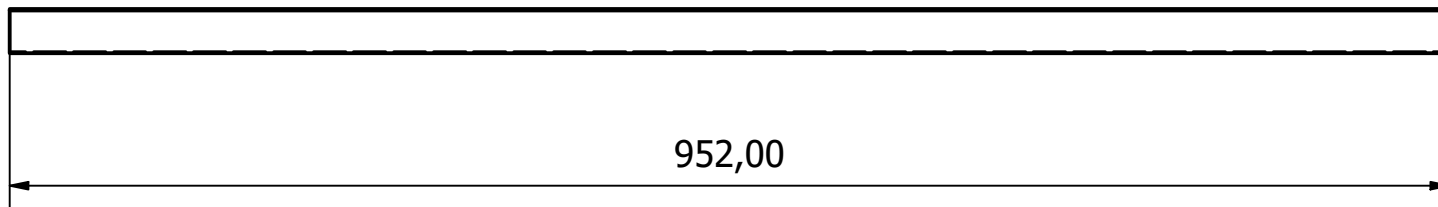
Diseño de <b>DIEGO ANSORENA RUIZ</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha <b>25/06/2021</b>
Material <b>Acero S275JR</b>	Fecha	Fecha	Título <b>Rejilla_Ventilación_AC.iam</b>
<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b>		Firma	Tamaño de hoja <b>A4</b>
			Escala <b>1 : 10</b>
			Hoja <b>45 / 88</b>



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Marco_Rejilla_H_Panel_Sándwich_Frontal_Movil.dwg	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha		Título	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma		Tamaño de hoja A4
					Escala 1 : 5
					Hoja 46 / 88

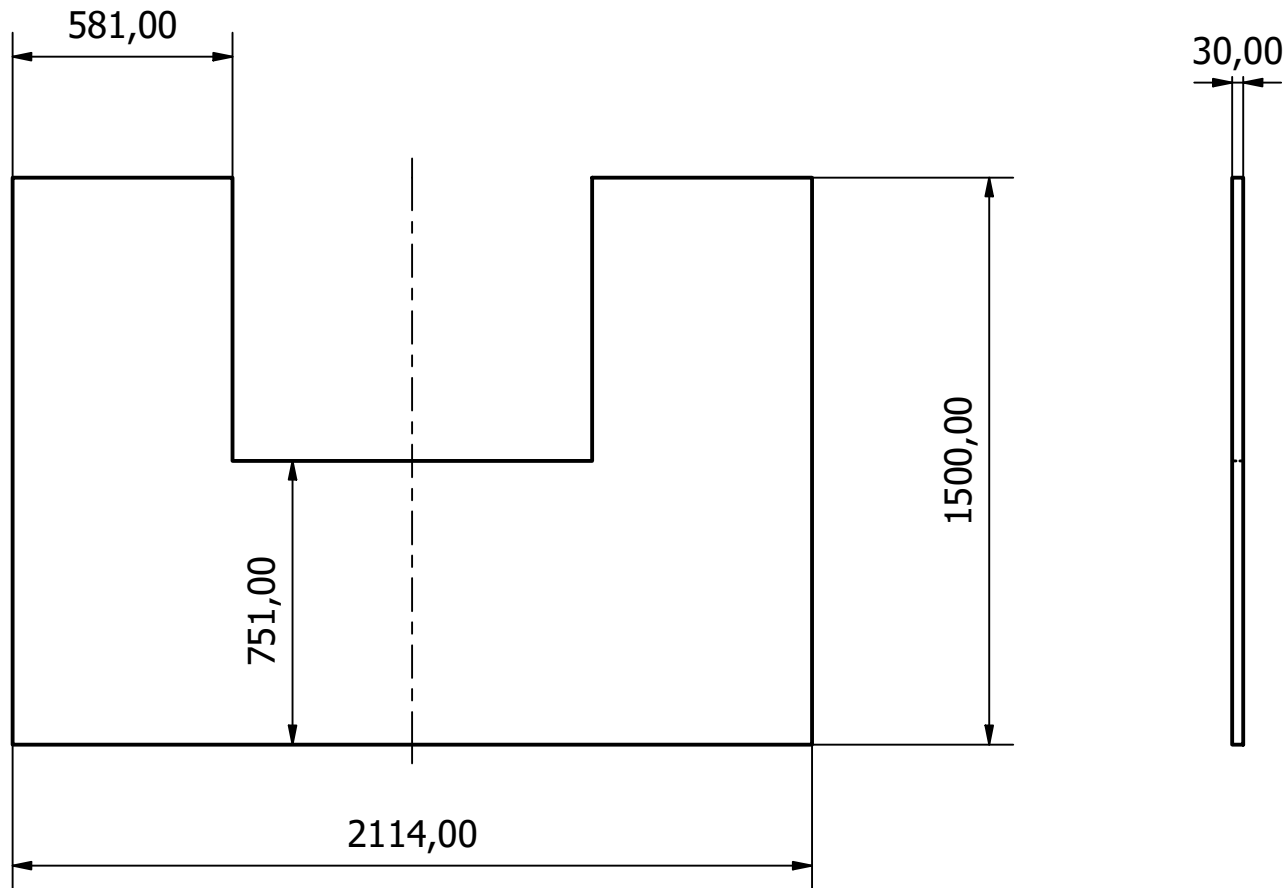


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Marco_Rejilla_V_Panel_Sándwich_Frontal_Movil.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Tamaño de hoja A4	
			Escala 1 : 5	Hoja 47 / 88

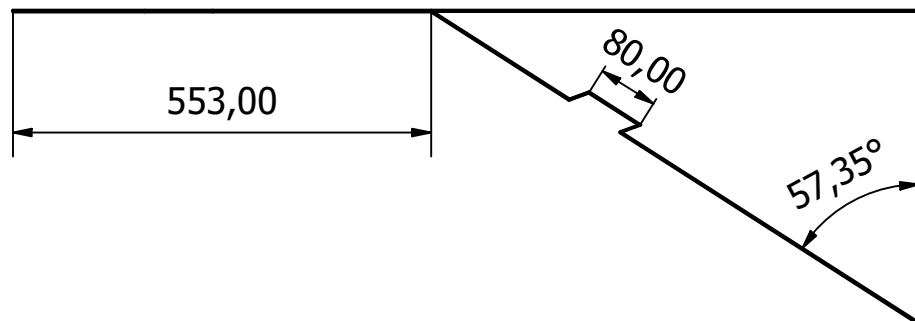
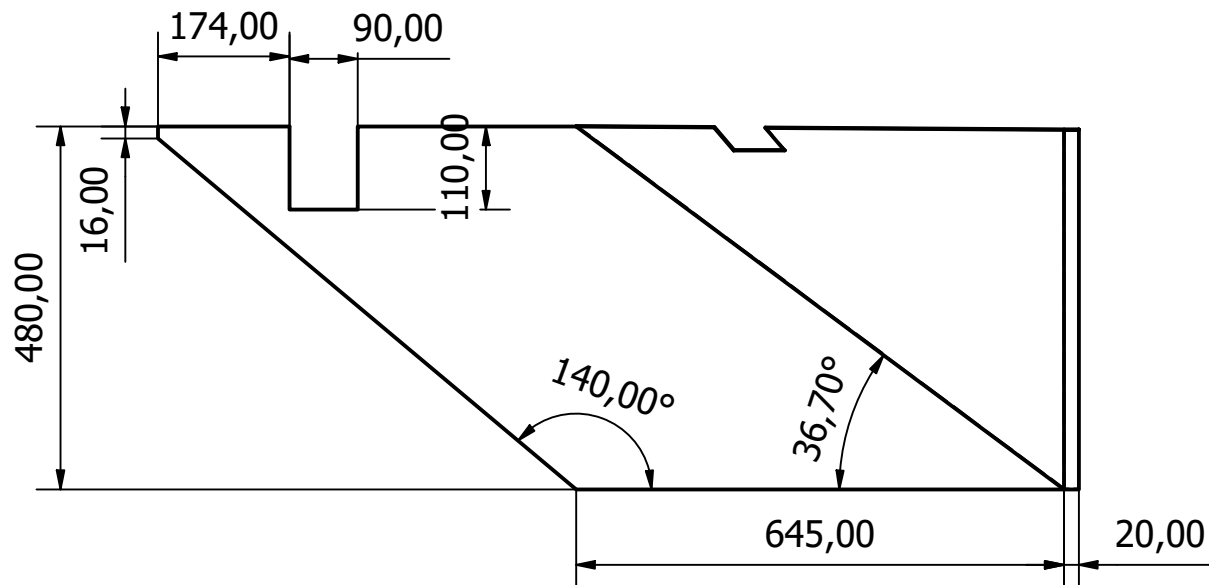
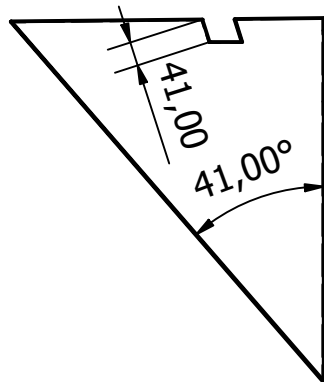


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Rejilla_Panel_Sándwich_Frontal_Movil.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Escala 1 : 5	Tamaño de hoja A4 Hoja 48 / 88

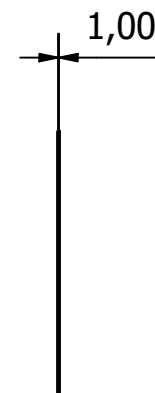
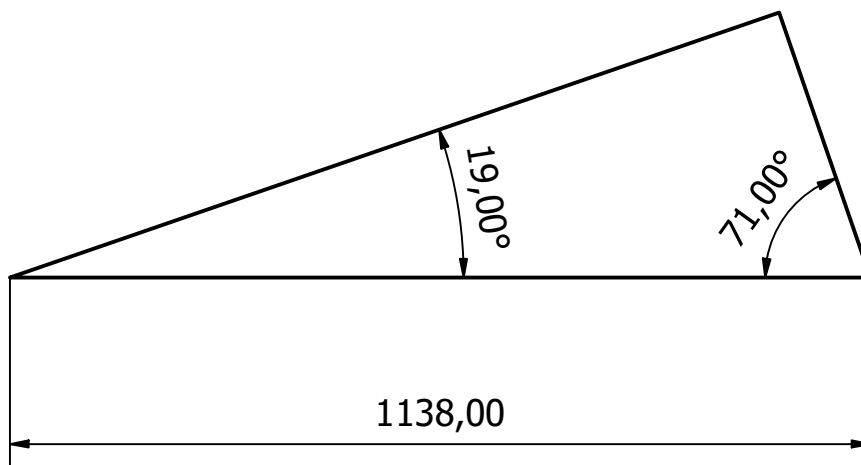




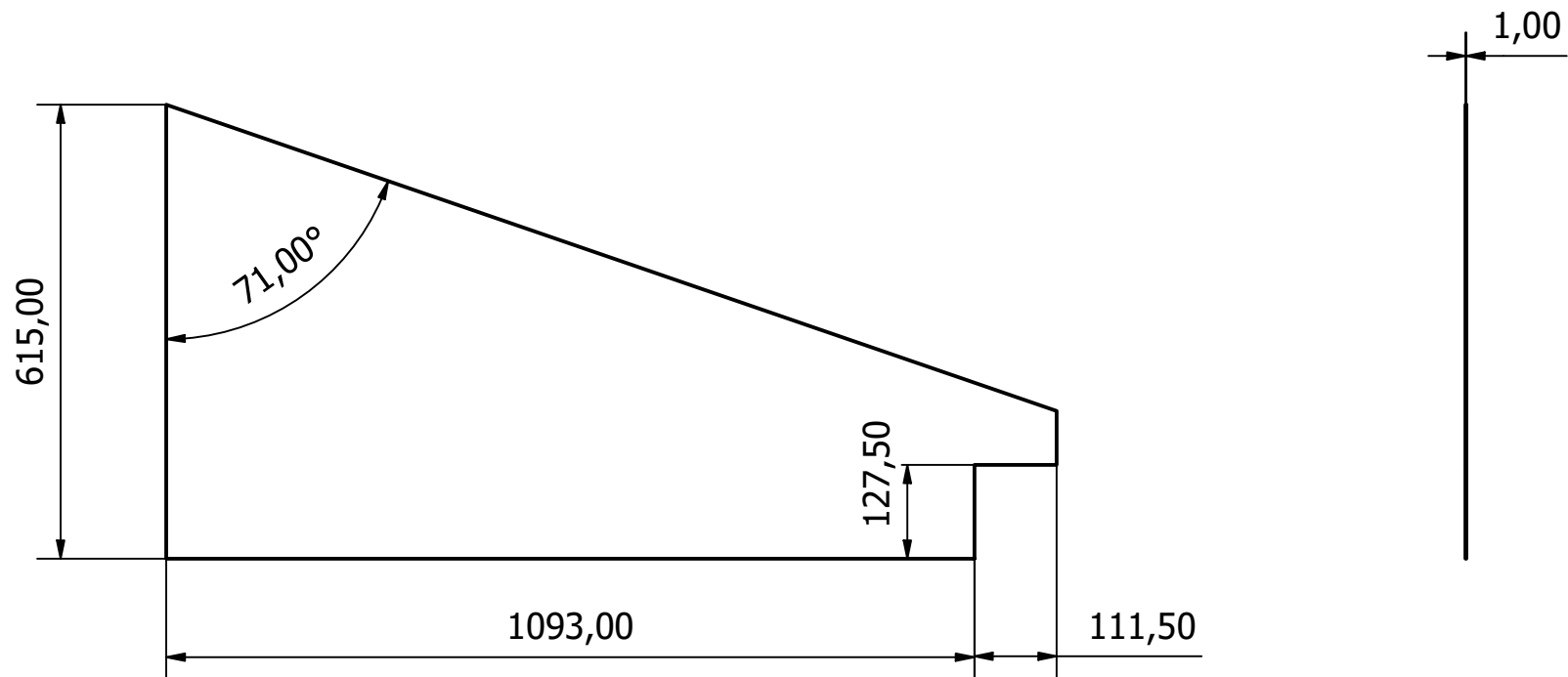
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Panel_Sándwich_Frontal_Movil.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 20
				Hoja 49 / 88



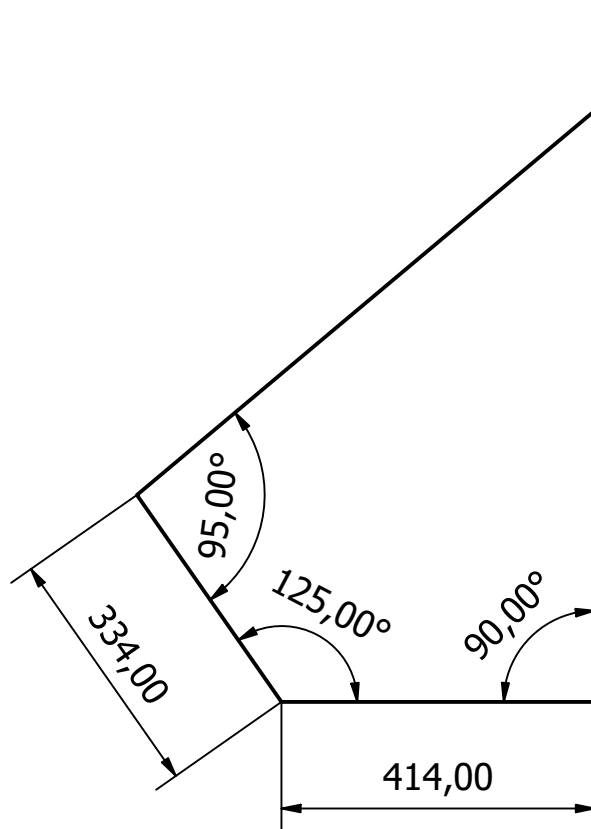
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Chapa_a_medida.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Tamaño de hoja A4	
			Escala 1 : 10	Hoja 50 / 88



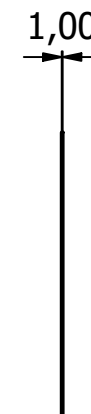
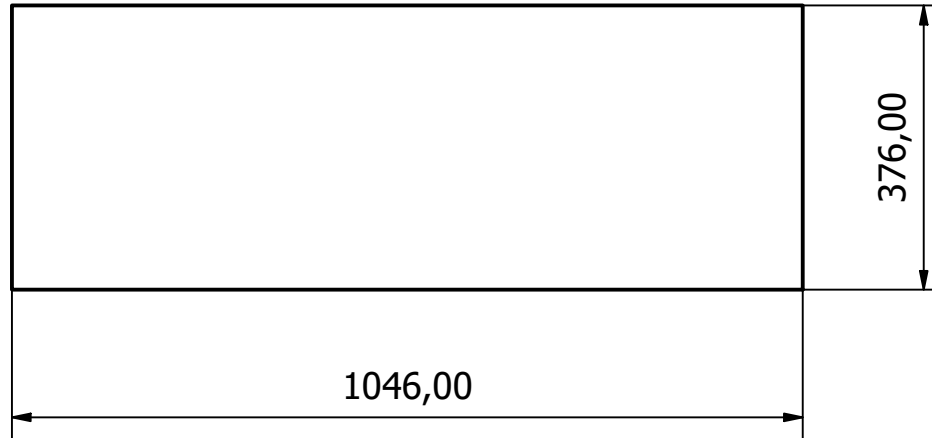
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Chapa_a_medida_02.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 51 / 88



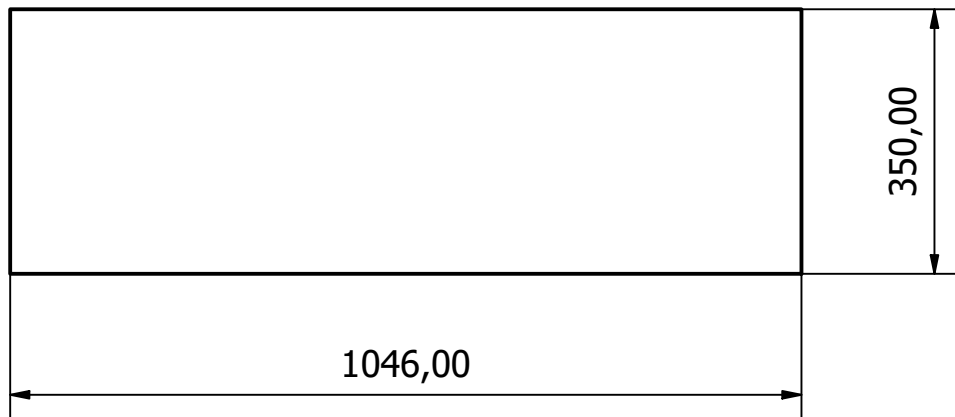
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Título Chapa_a_medida_03.ipt	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha		Tamaño de hoja A4	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Escala 1 : 10	Hoja 52 / 88



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Chapa_a_medida_AC.ipt
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Firma	Tamaño de hoja A4
			Escala 1 : 10
			Hoja 53 / 88

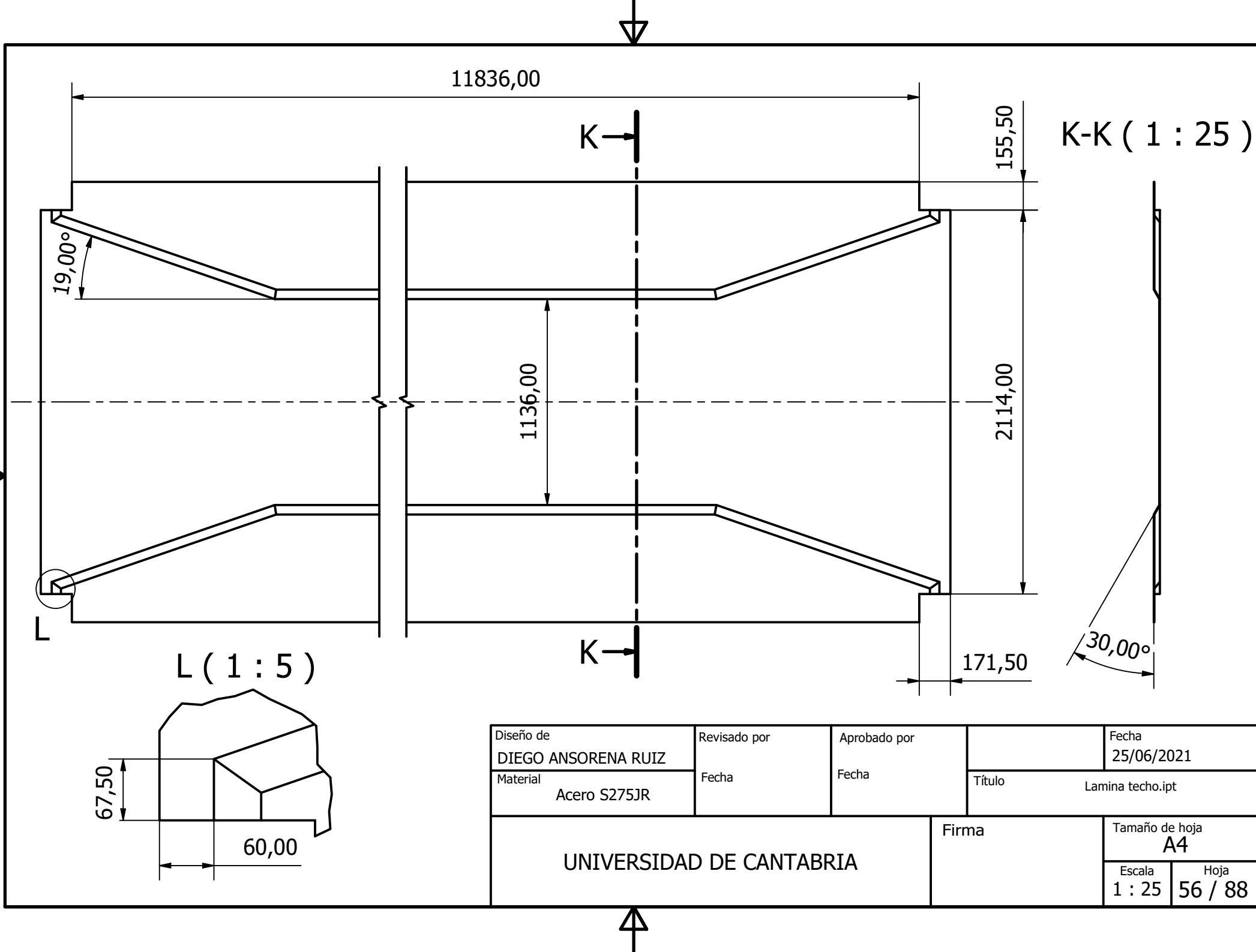


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Chapa_a_medida_AC_02.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 54 / 88

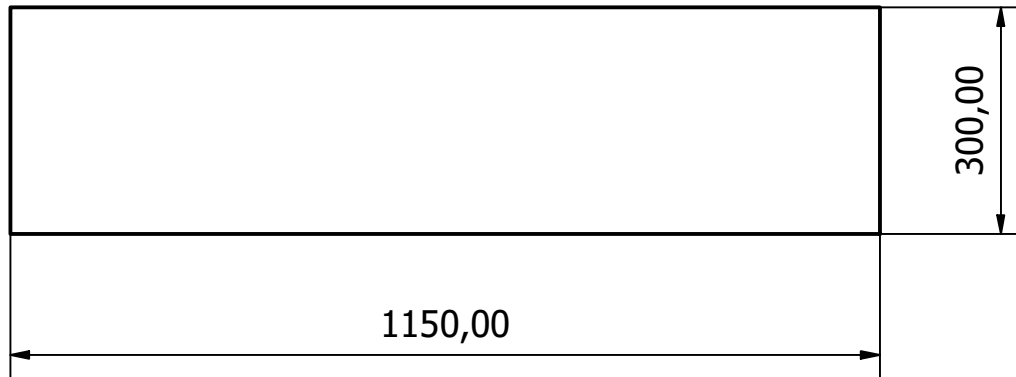


1,00

Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Chapa_a_medida_AC_03.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Escala 1 : 10	Hoja 55 / 88

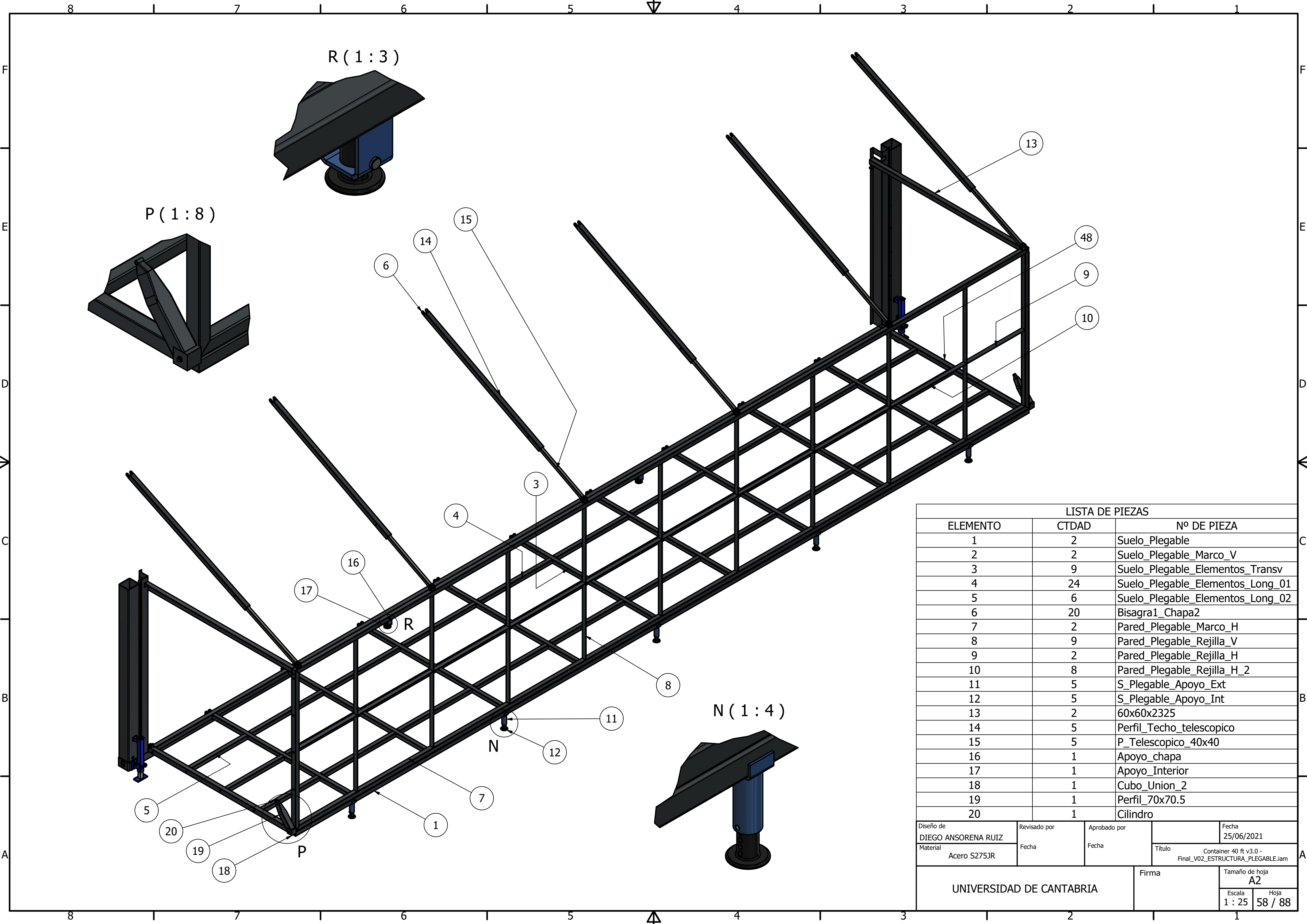




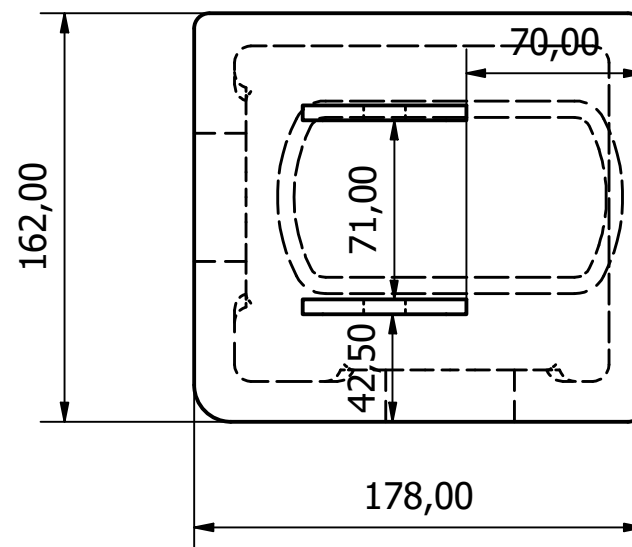
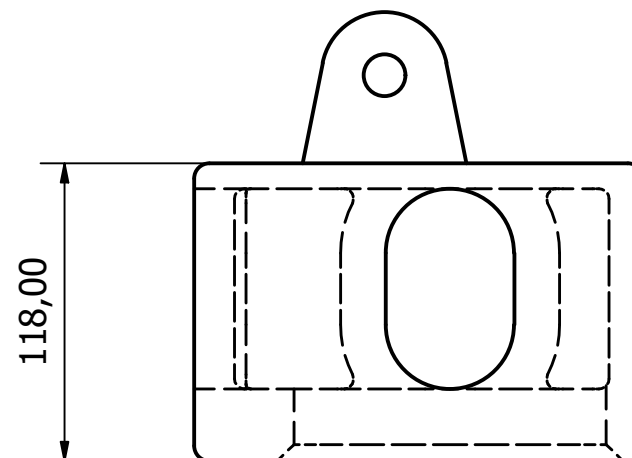
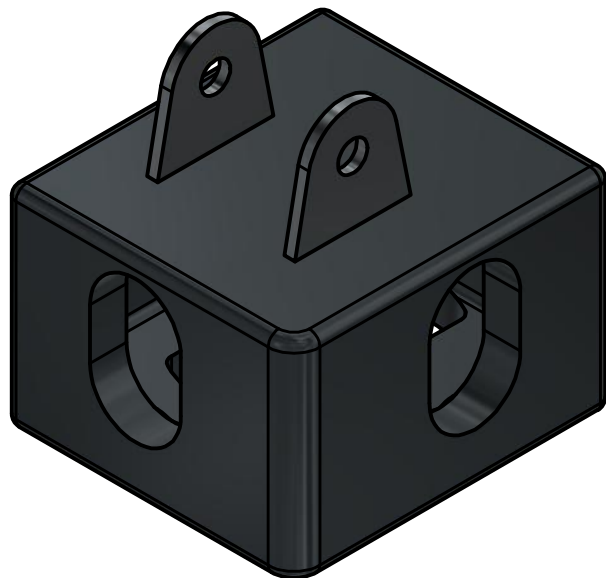


1,00

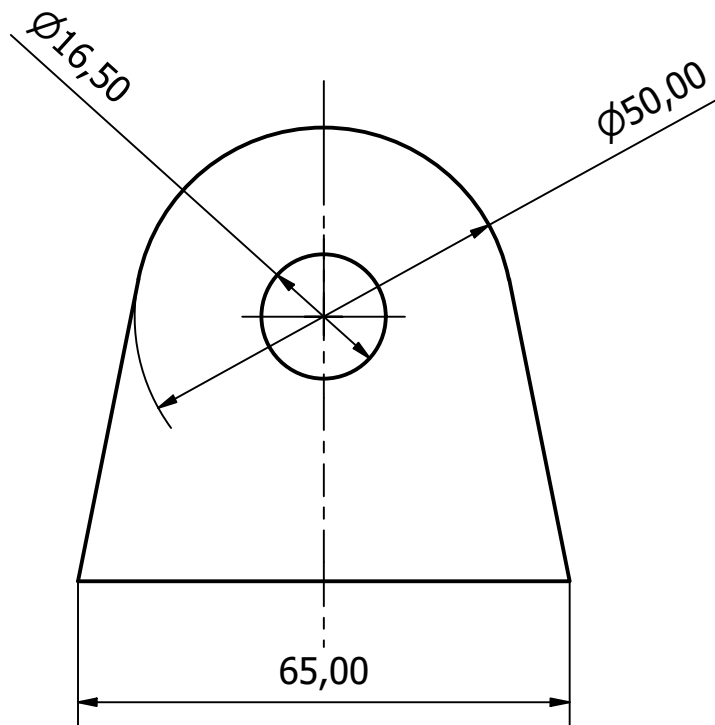
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Laminas techo secundarias.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 57 / 88



LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA		
1	2	Suelo_Plegable		
2	2	Suelo_Plegable_Marco_V		
3	9	Suelo_Plegable_Elementos_Transv		
4	24	Suelo_Plegable_Elementos_Long_01		
5	6	Suelo_Plegable_Elementos_Long_02		
6	20	Bisagra1_Chapa2		
7	2	Pared_Plegable_Marco_H		
8	9	Pared_Plegable_Rejilla_V		
9	2	Pared_Plegable_Rejilla_H		
10	8	Pared_Plegable_Rejilla_H_2		
11	5	S_Plegable_Apoyo_Ext		
12	5	S_Plegable_Apoyo_Int		
13	2	60x60x2325		
14	5	Perfil_Techo_tesoscopico		
15	5	P_Telescopico_40x40		
16	1	Apoyo_chapa		
17	1	Apoyo_Interior		
18	1	Cubo_Union_2		
19	1	Perfil_70x70.5		
20	1	Cilindro		
Diseño de		Revisado por	Aprobado por	Fecha
DIEGO ANSORENA RUIZ				25/06/2021
Material		Fecha	Fecha	Título
Acero S275JR				Container 40 ft v3.0 - Final_V02_ESTRUCTURA_PLEGABLE.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	
			Tamaño de hoja	
			A2	
			Escala	Hoja
			1 : 25	58 / 88

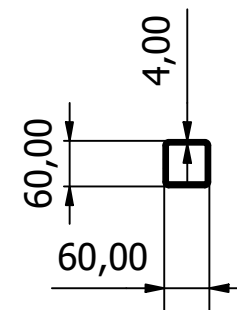
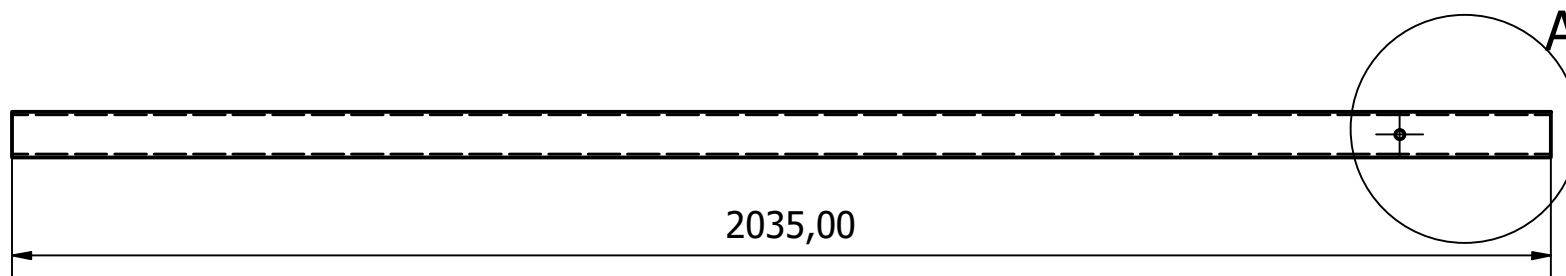
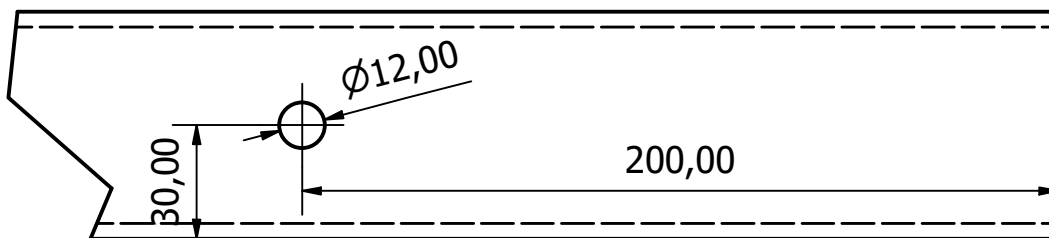


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	TítuloPosicionamiento_Orejetas_Sist_Hidráulico.iam	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 3



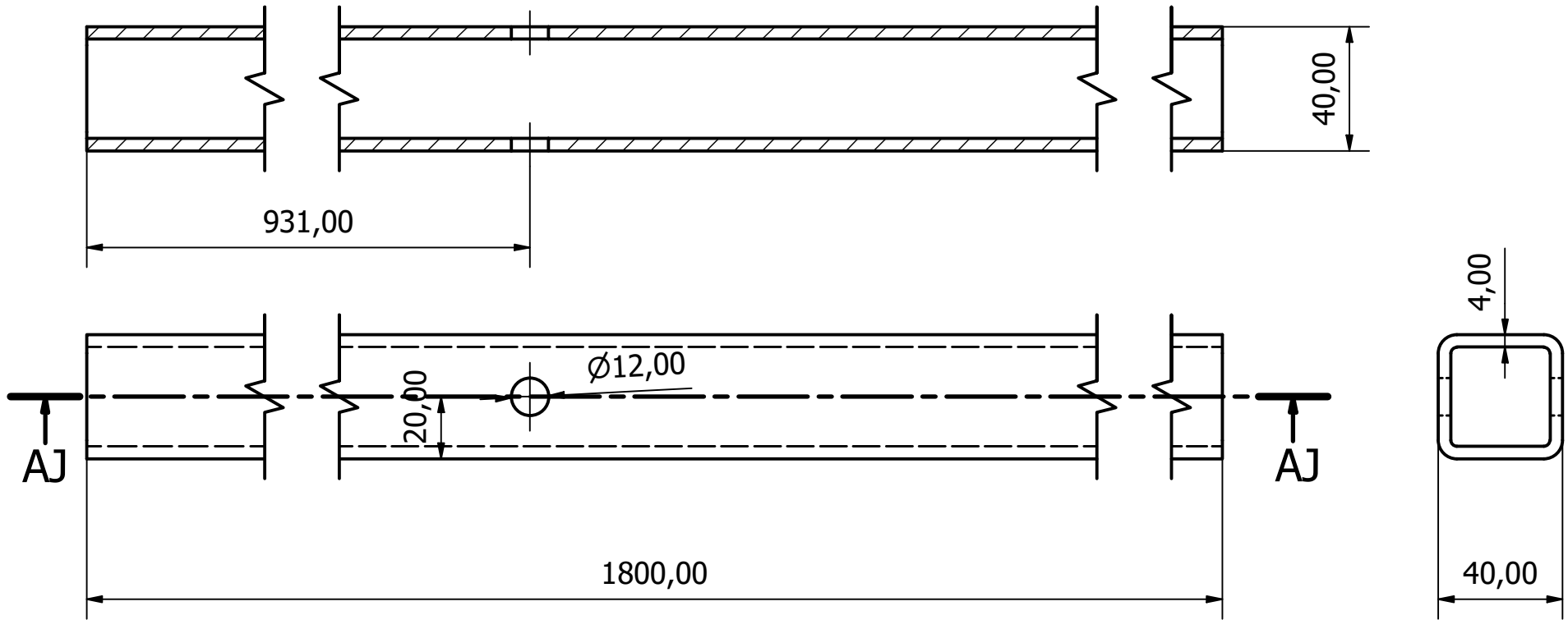
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Orejetas.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 1
				Hoja 60 / 88

AH ( 1 : 2 )

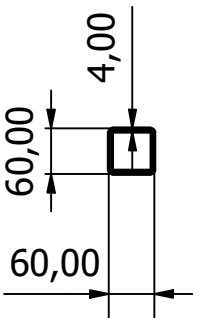
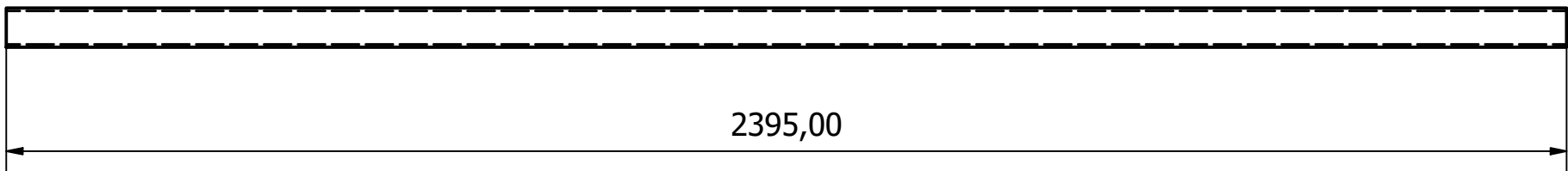


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Perfil_Techo_telescopico.ipt
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Firma	Tamaño de hoja A4
			Escala 1 : 10
			Hoja 61 / 88

AJ-AJ ( 1 : 2 )

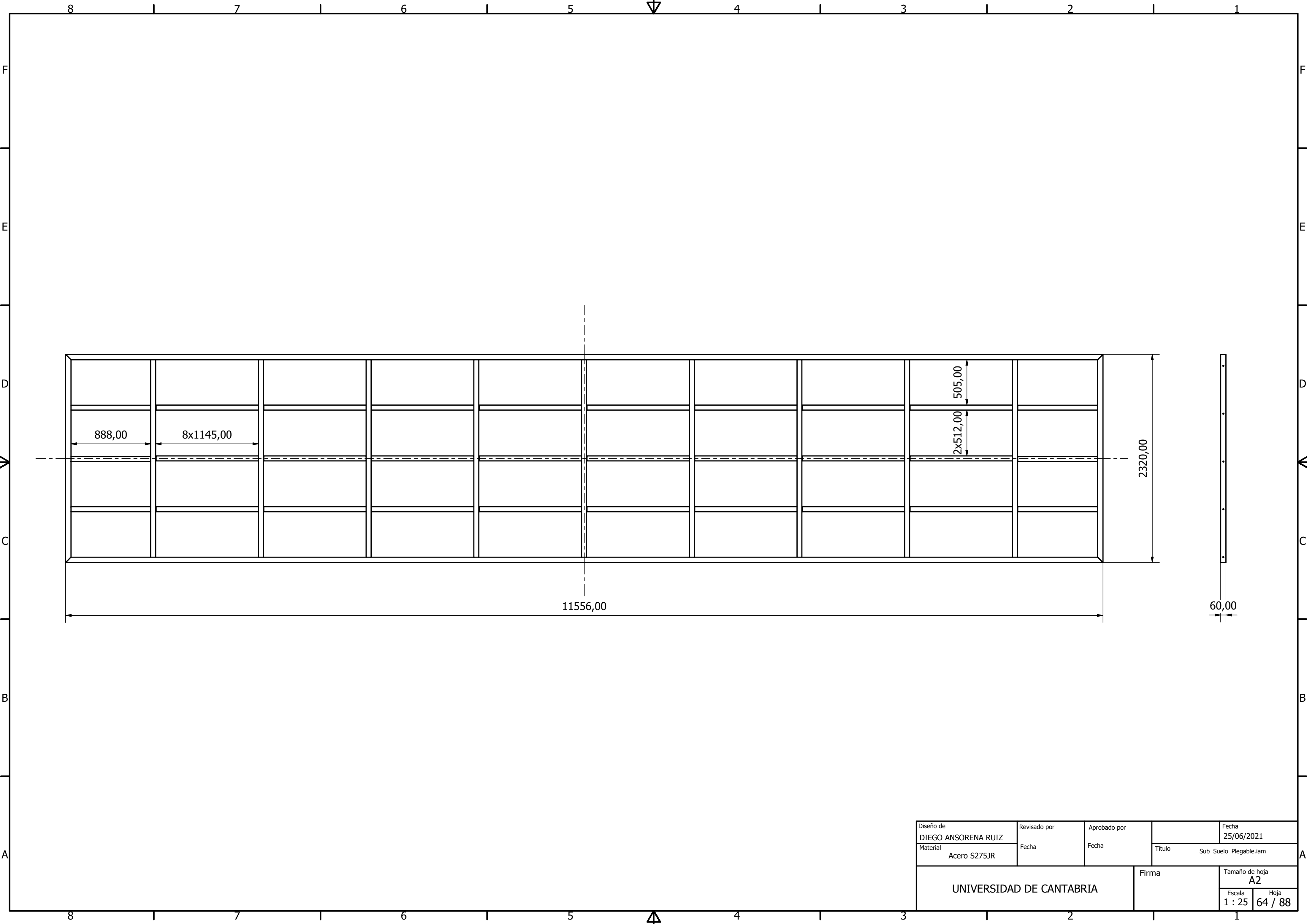


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título P_Telescopico_40x40.ipt
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Firma	Tamaño de hoja A4
			Escala 1 : 2
			Hoja 62 / 88



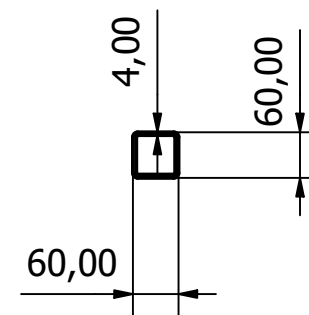
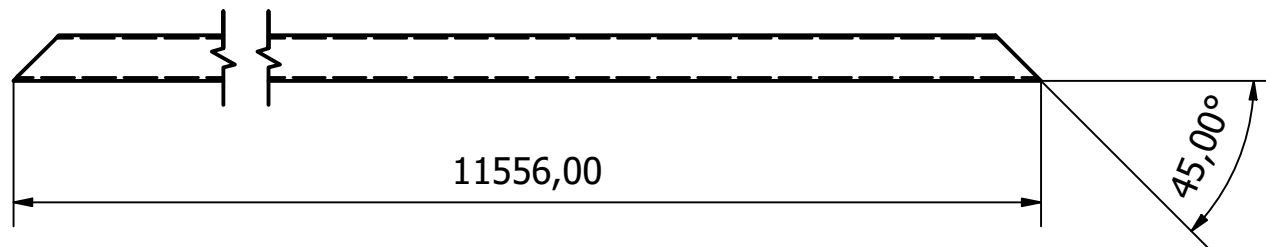
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título 60x60x2325.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 63 / 88



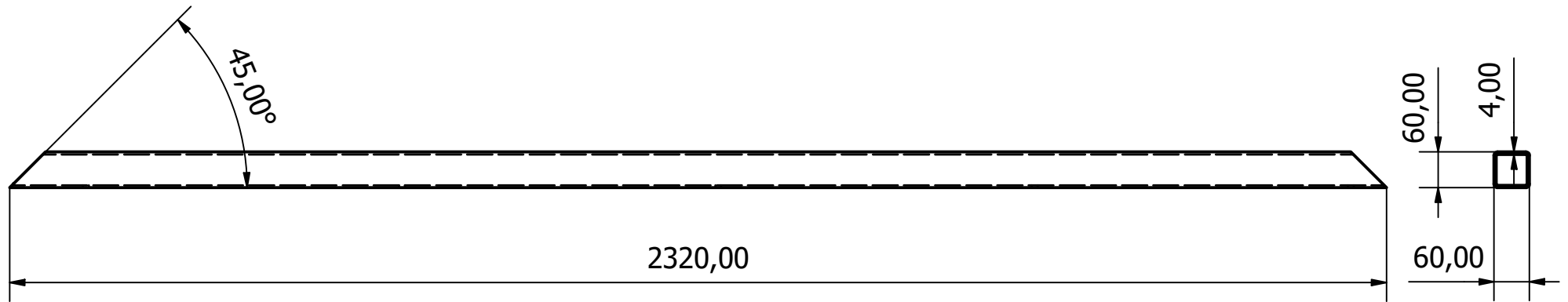


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Sub_Suelo_Plegable.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma
			Tamaño de hoja A2
			Escala 1 : 25
			Hoja 64 / 88

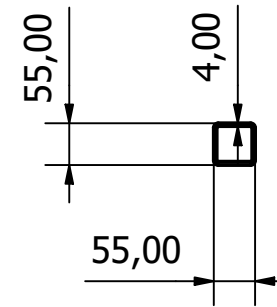
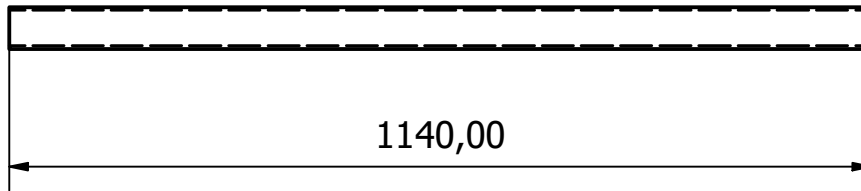




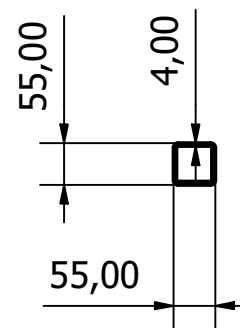
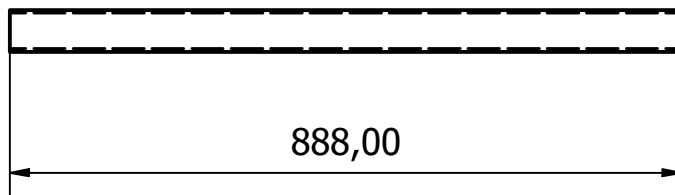
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Suelo_Plegable.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				<div> Escala 1 : 10 </div> <div> Hoja 65 / 88 </div>



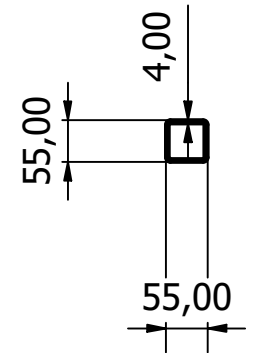
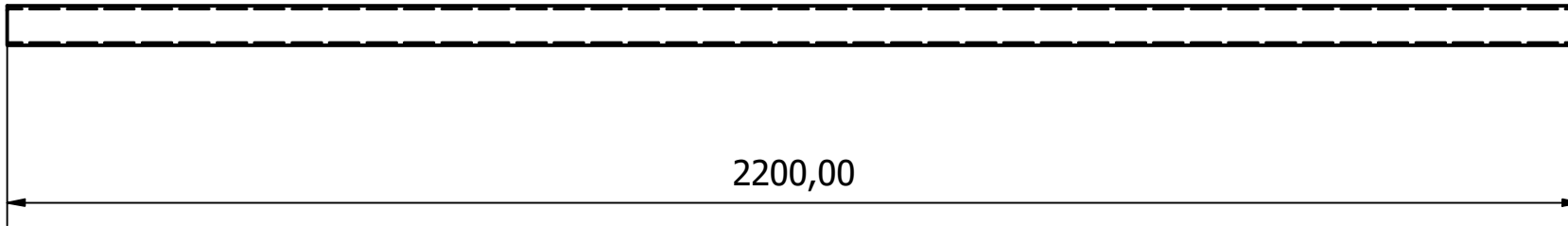
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha	Título Suelo_Plegable_Marco_V.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma		Tamaño de hoja A4
					Escala 1 : 10
					Hoja 66 / 88



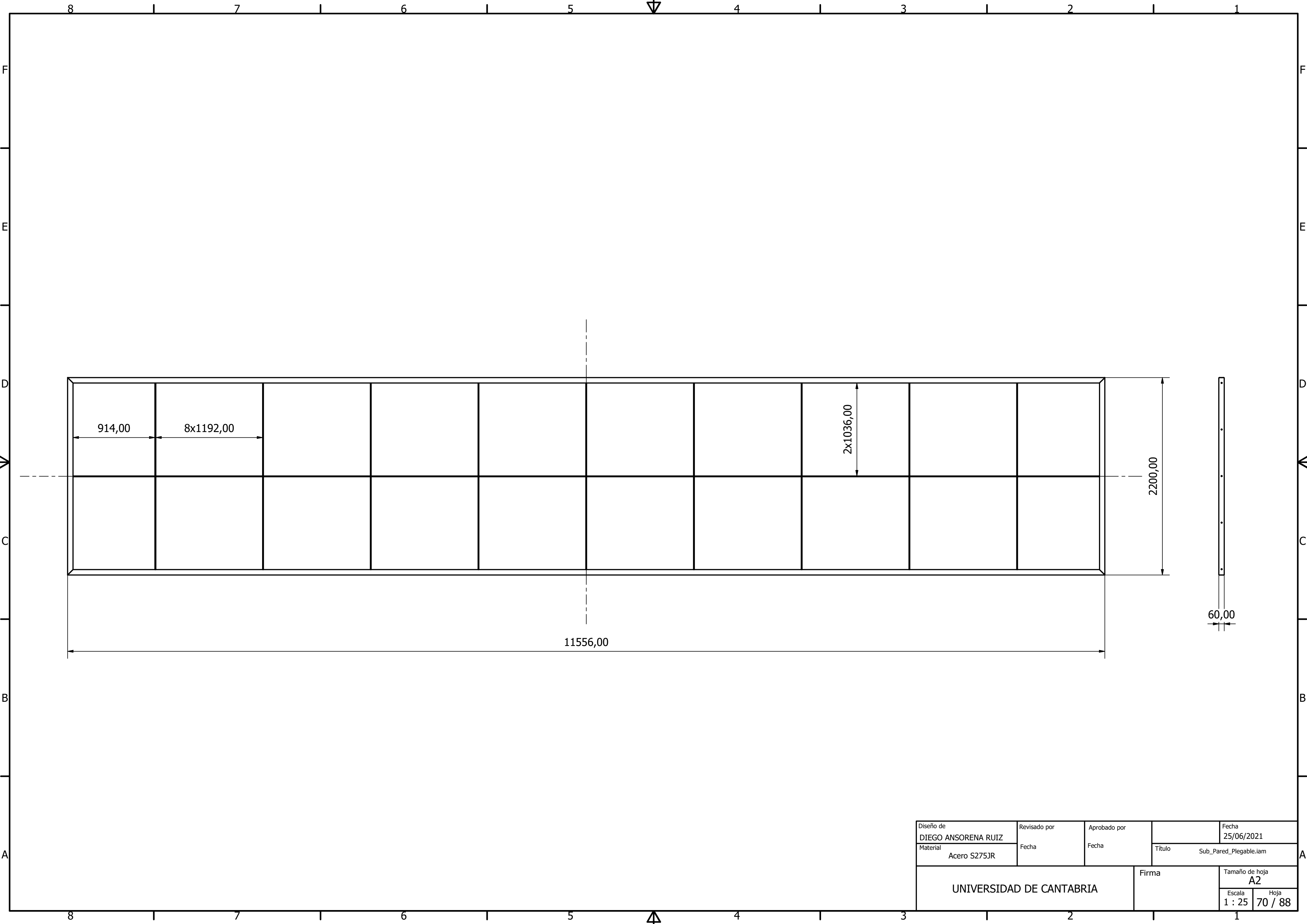
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Suelo_Plegable_Elementos_Long_01.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 67 / 88



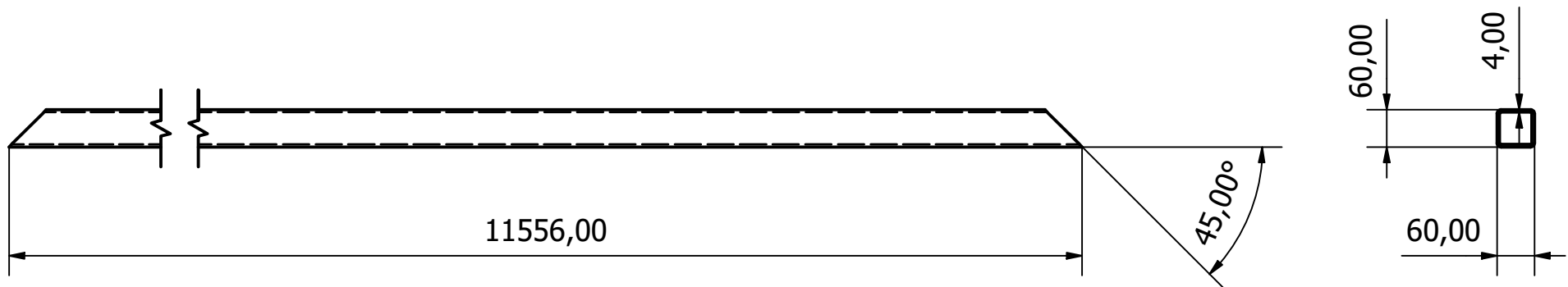
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Suelo_Plegable_Elementos_Long_02.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 68 / 88



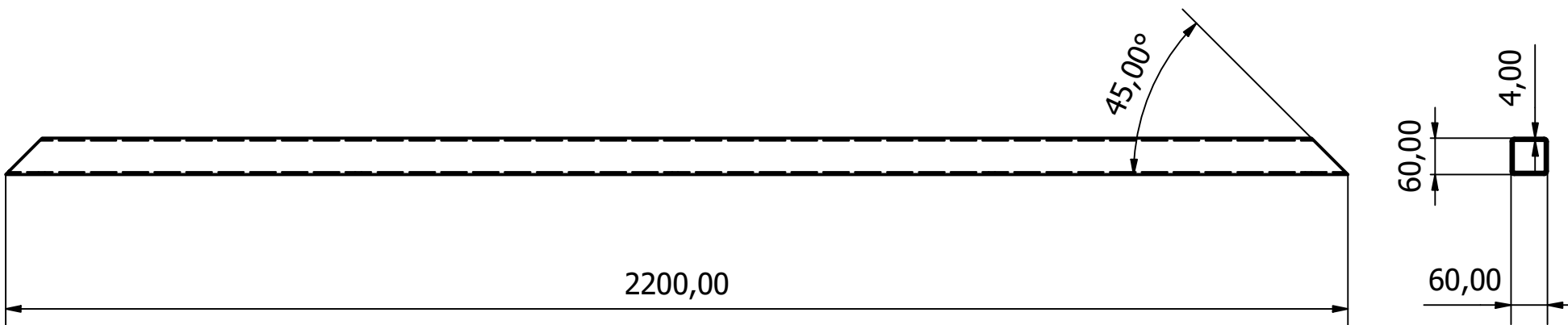
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Suelo_Plegable_Elementos_Transv.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 69 / 88



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Sub_Pared_Plegable.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma
			Tamaño de hoja A2
			Escala 1 : 25
			Hoja 70 / 88

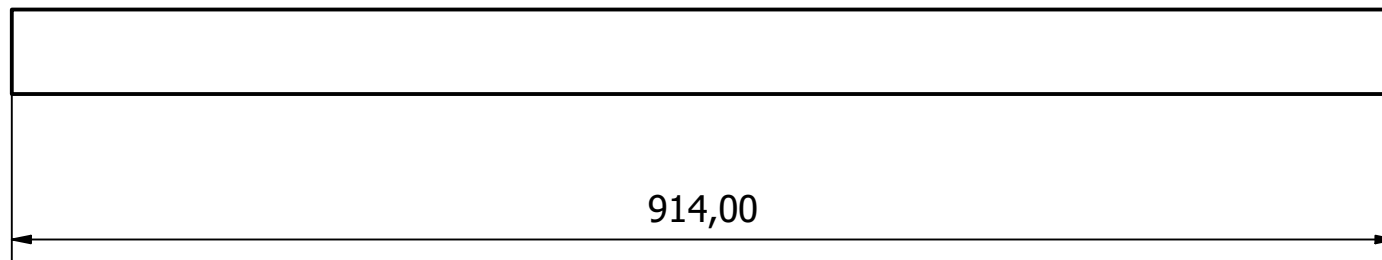


Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Pared_Plegable_Marco_H.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 71 / 88



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Pared_Plegable_Marco_V.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 10
				Hoja 72 / 88





Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Pared_Plegable_Rejilla_H.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 5
				Hoja 73 / 88

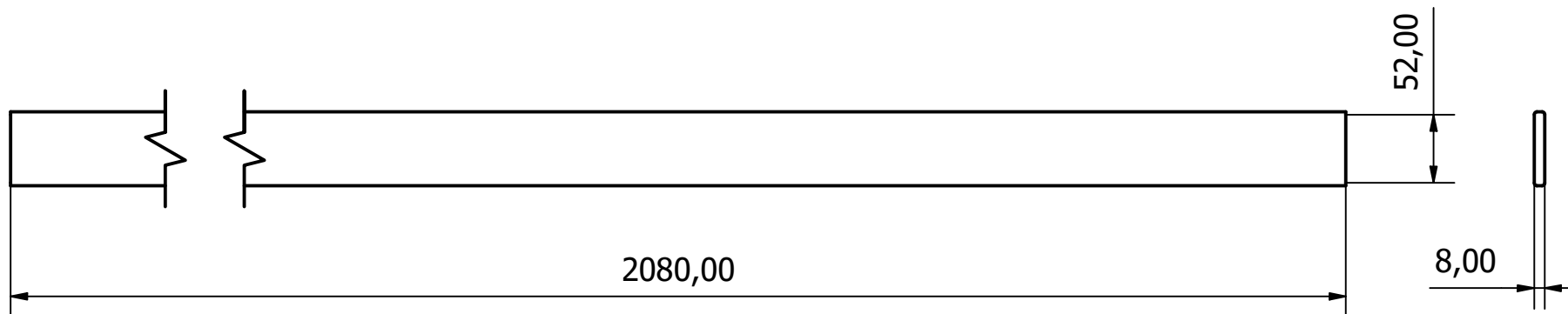


1192,00

52,00

8,00

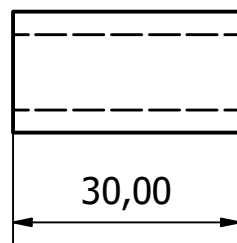
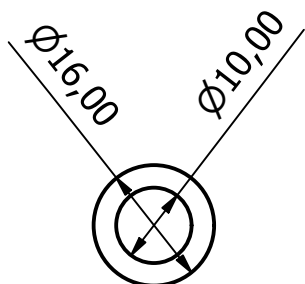
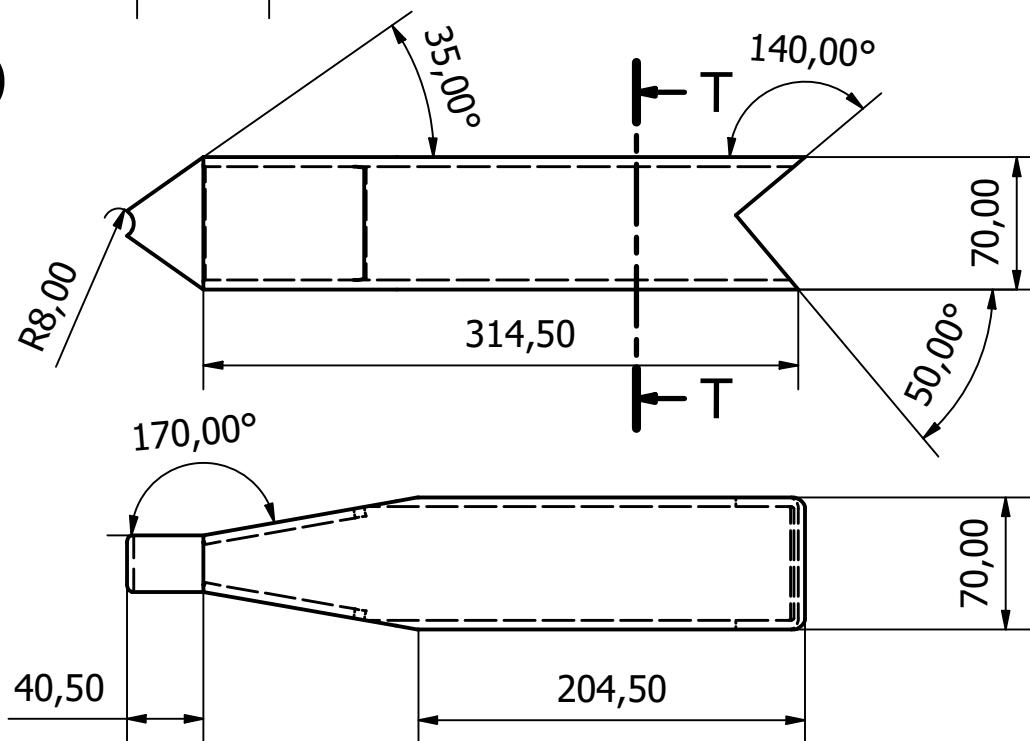
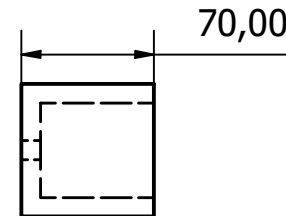
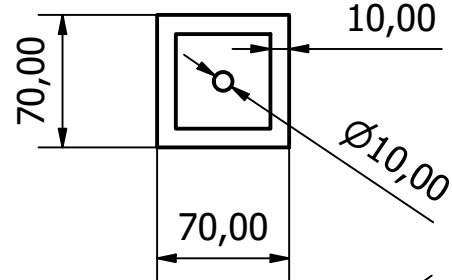
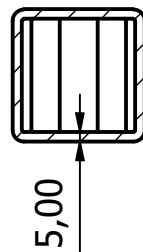
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Pared_Plegable_Rejilla_H_2.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 5
				Hoja 74 / 88



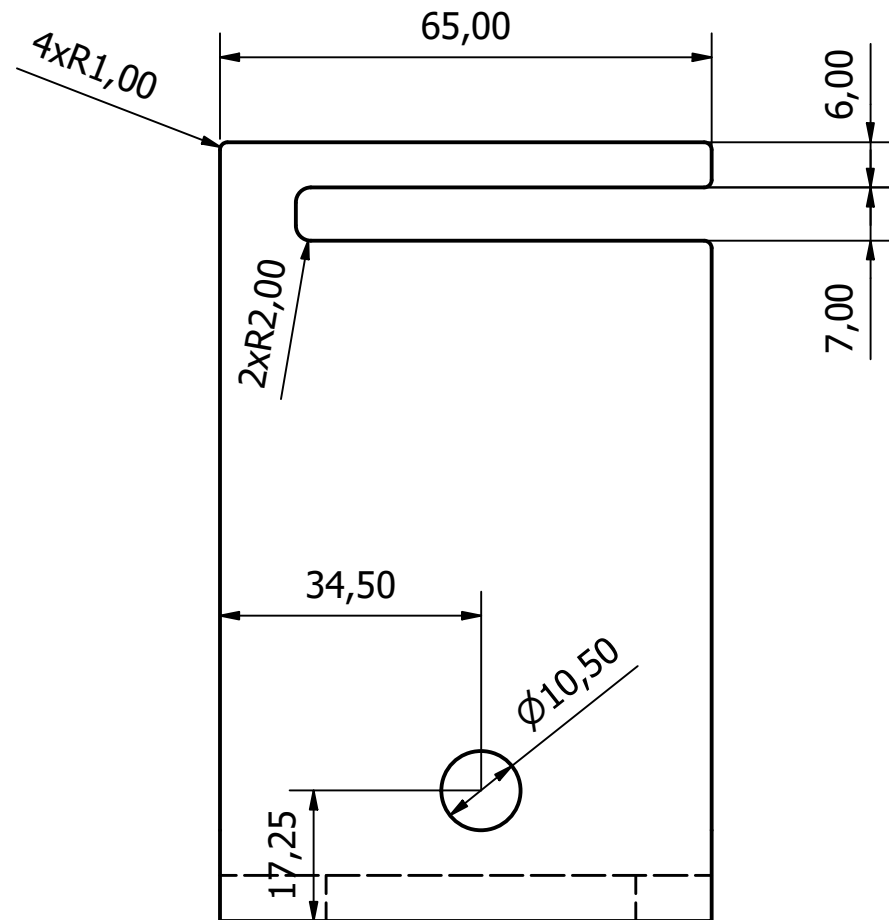
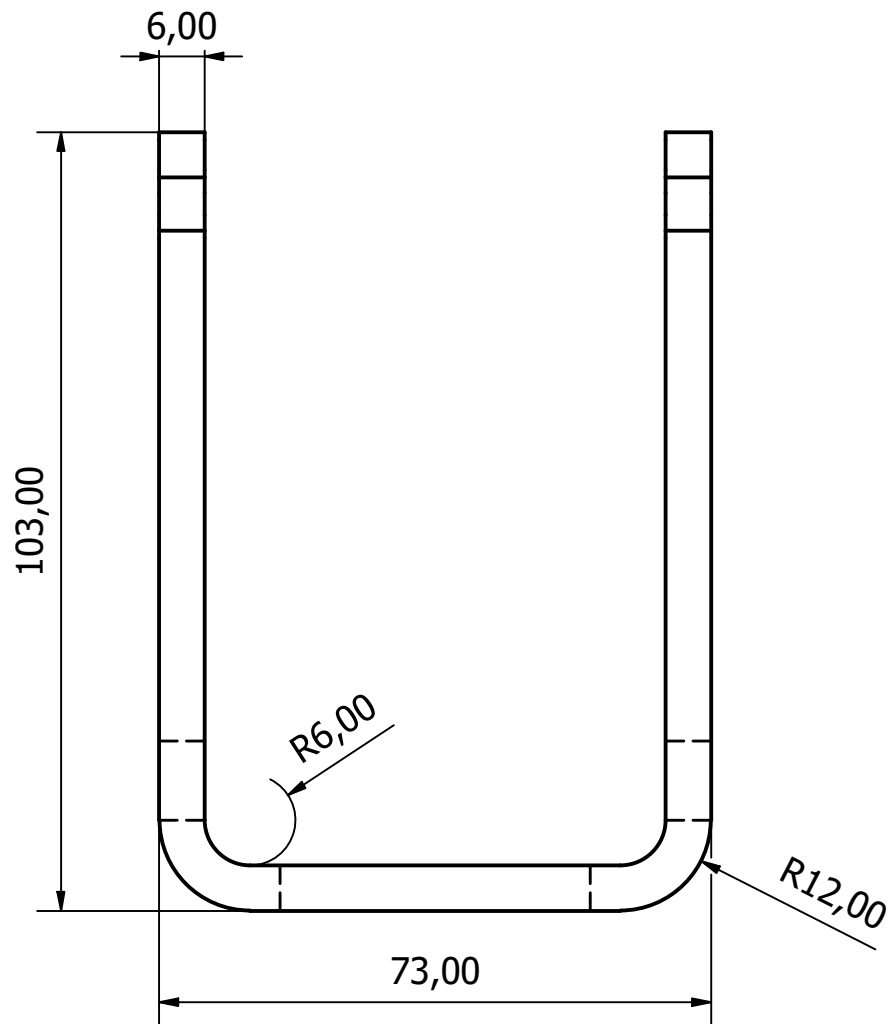
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Pared_Plegable_Rejilla_V.ipt	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 5
				Hoja 75 / 88



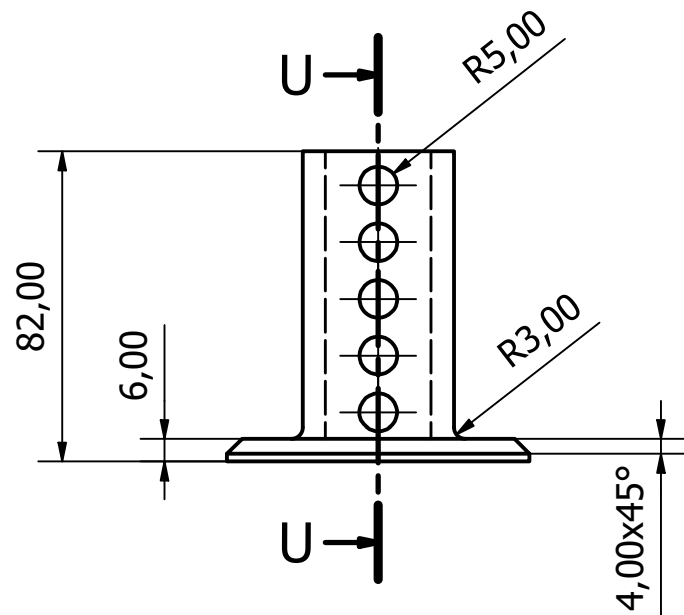
T-T ( 1 : 4 )



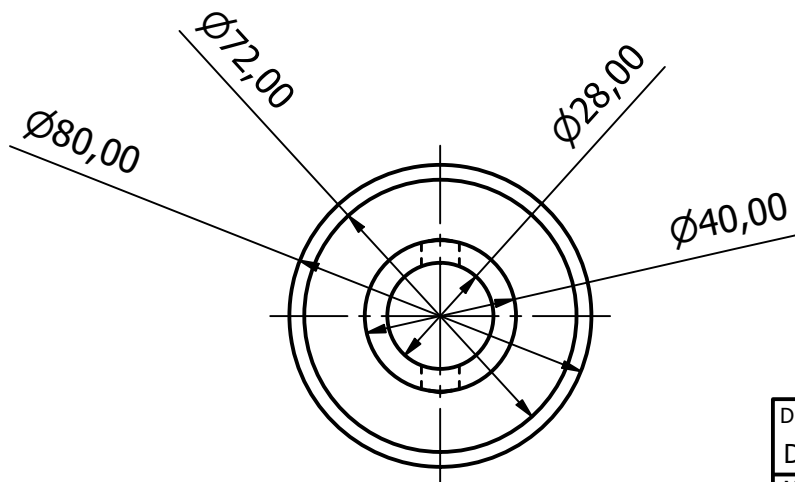
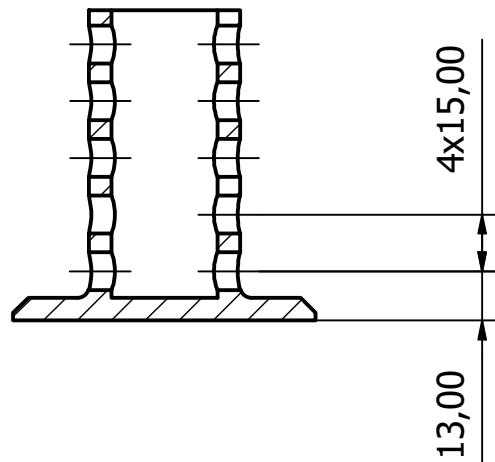
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Barra.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Firma	Tamaño de hoja A4
			Escala 1 : 4
			Hoja 76 / 88



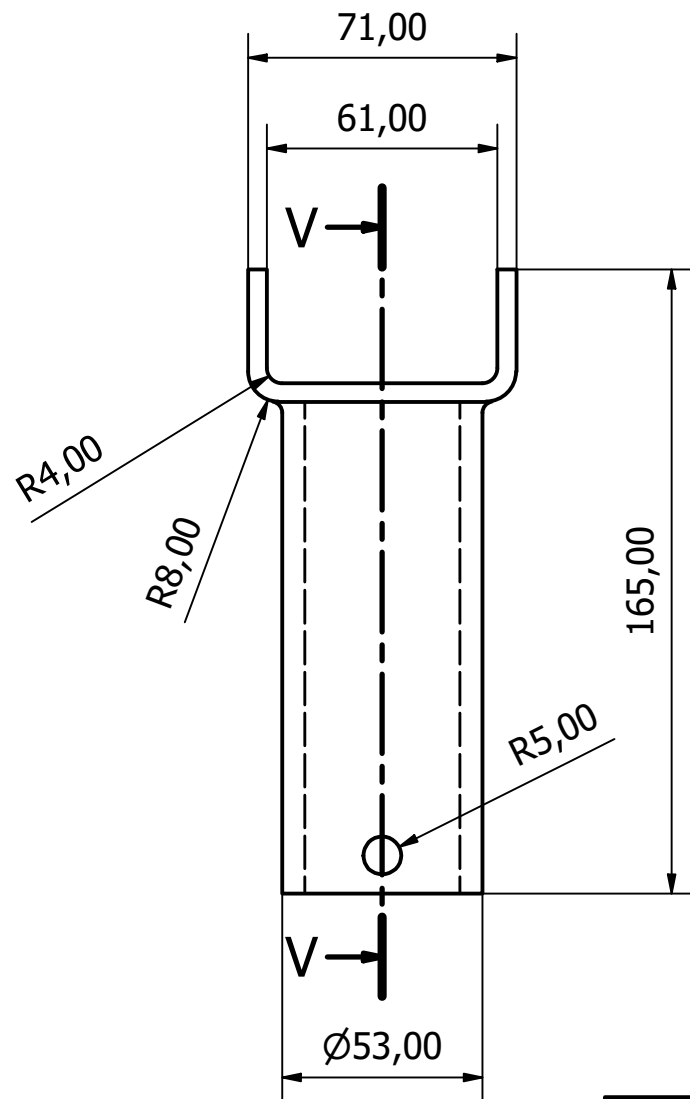
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título Apoyo_chapa.ipt
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Firma	Tamaño de hoja A4
			Escala 1 : 1
			Hoja 77 / 88



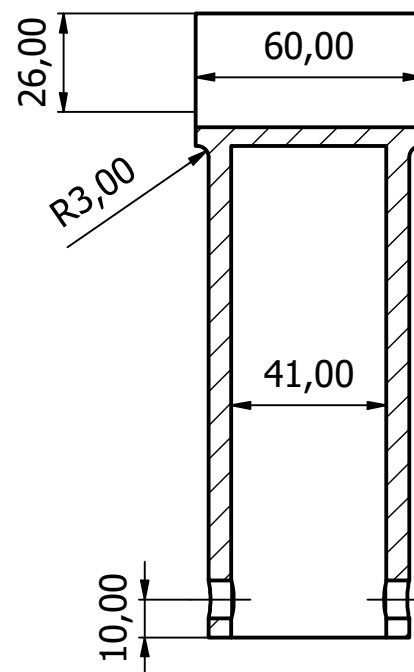
U-U ( 1 : 2 )



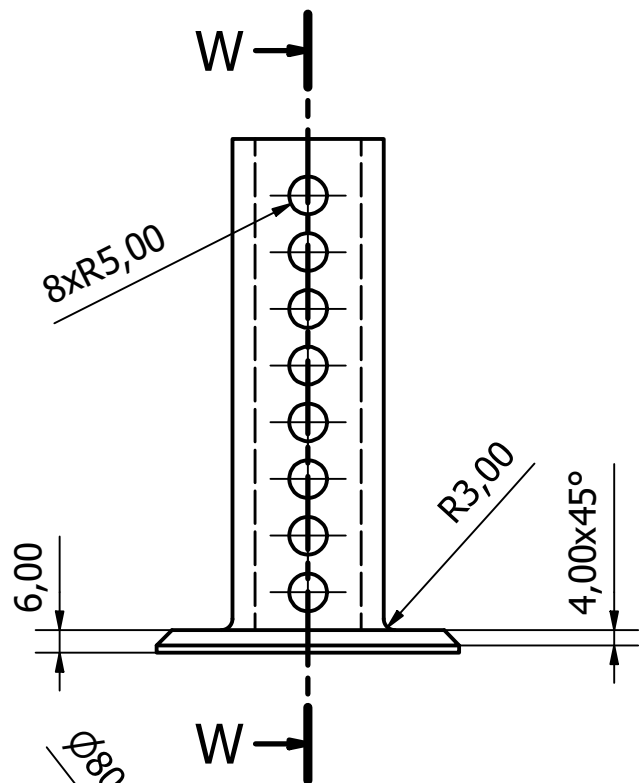
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S355JR	Fecha	Fecha	Título Apoyo_Interior.ipt
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Firma	Tamaño de hoja A4
			Escala 1 : 2
			Hoja 78 / 88



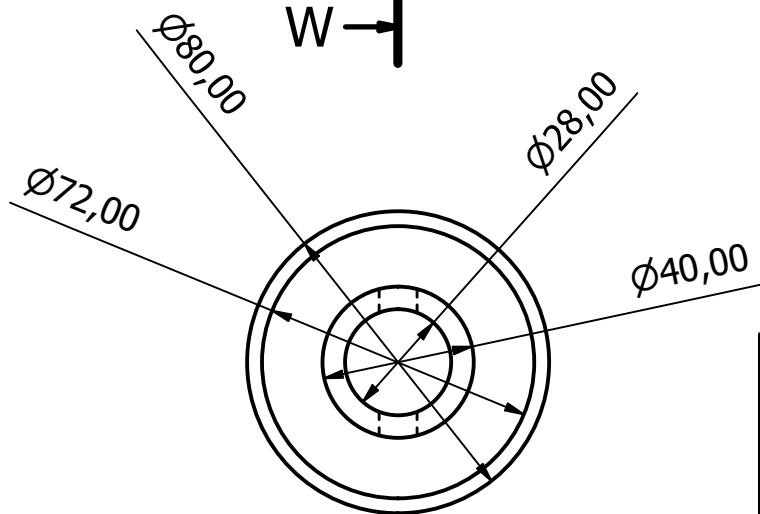
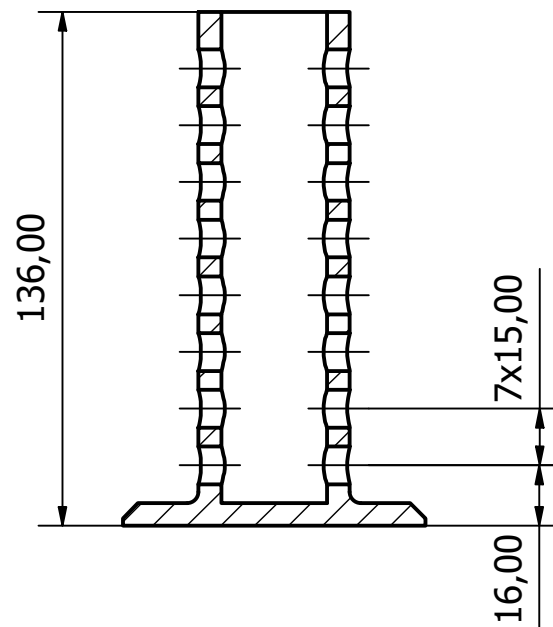
V-V ( 1 : 2 )



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título S_Plegable_Apoyo_Ext.ipt
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma
			Tamaño de hoja A4
			Escala 1 : 2
			Hoja 79 / 88

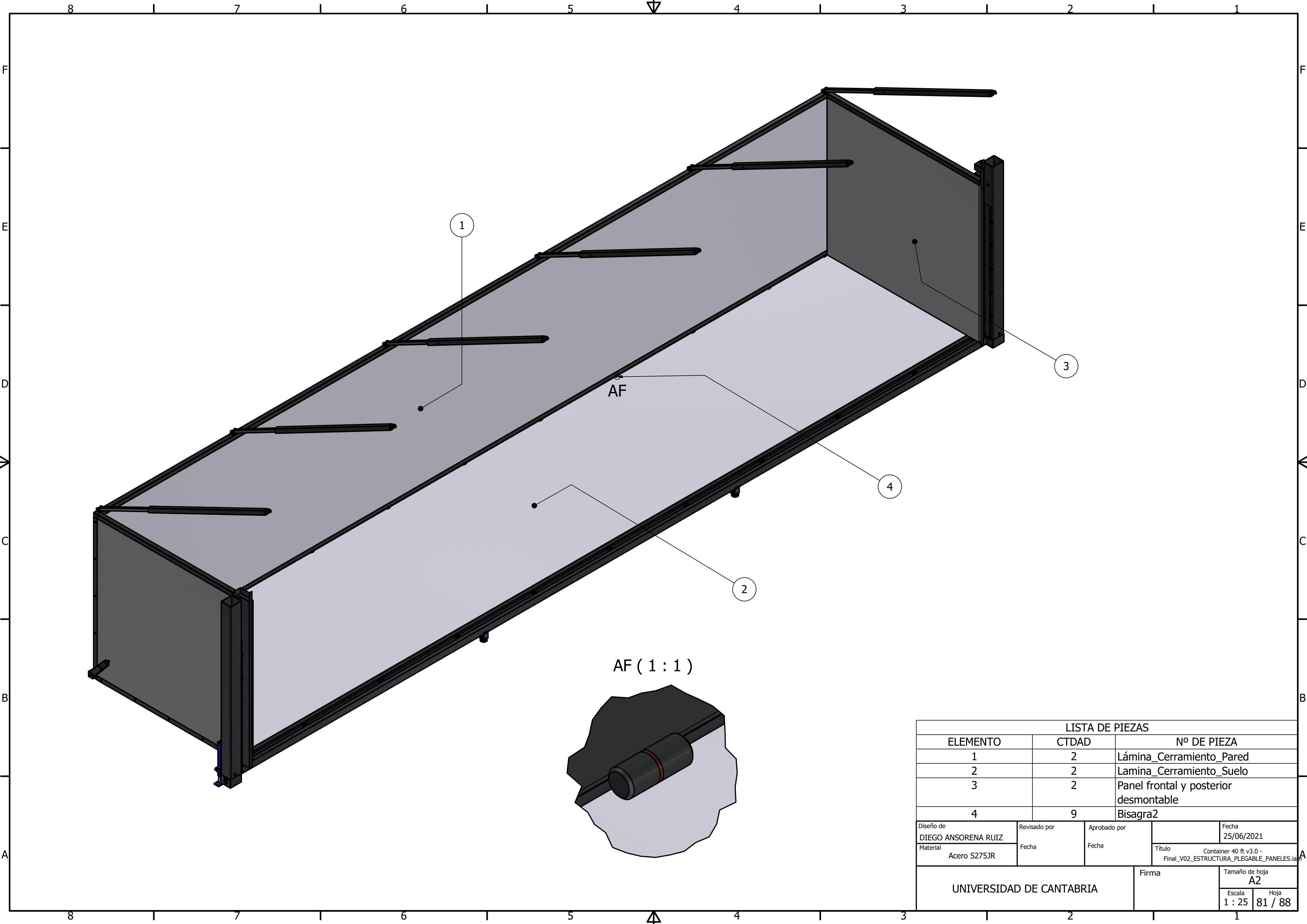


W-W ( 1 : 2 )

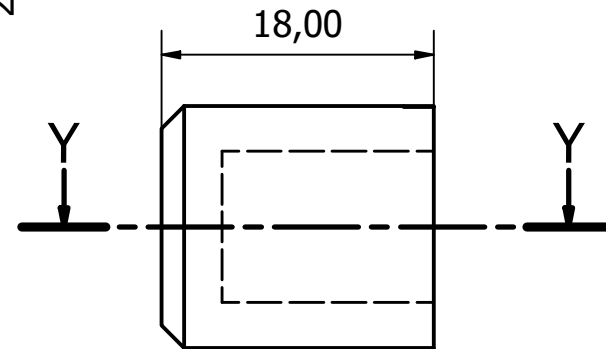
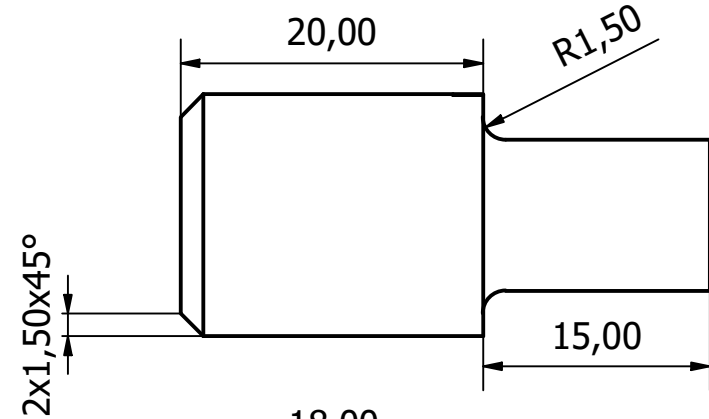
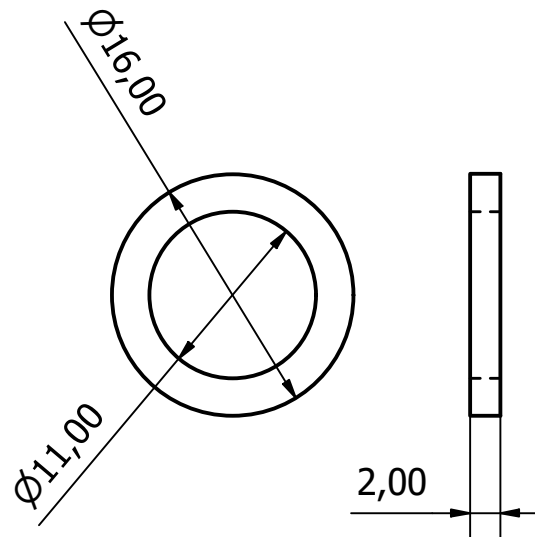
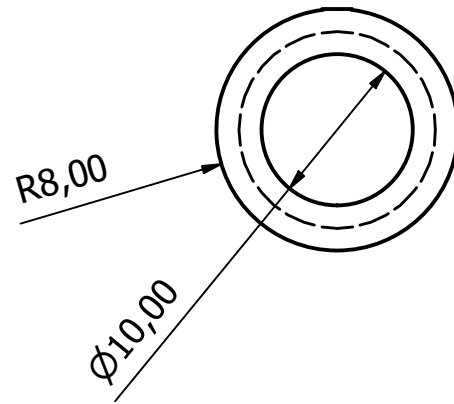
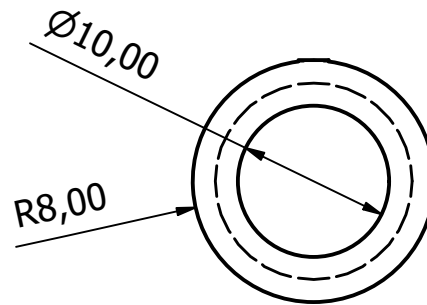
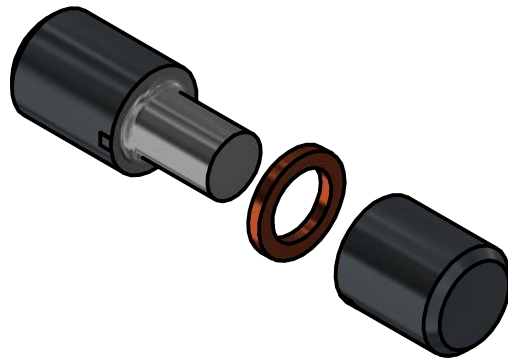


Diseño de <b>DIEGO ANSORENA RUIZ</b>	Revisado por	Aprobado por	Fecha <b>25/06/2021</b>
Material <b>Acero S355JR</b>	Fecha	Fecha	Título <b>S_Plegable_Apoyo_Int.ipt</b>
<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b>		Firma	Tamaño de hoja <b>A4</b>
			<div> Escala <b>1 : 2</b> </div> <div> Hoja <b>80 / 88</b> </div>

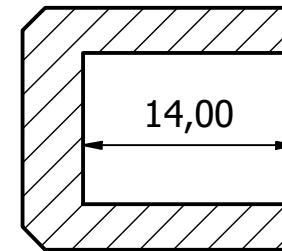




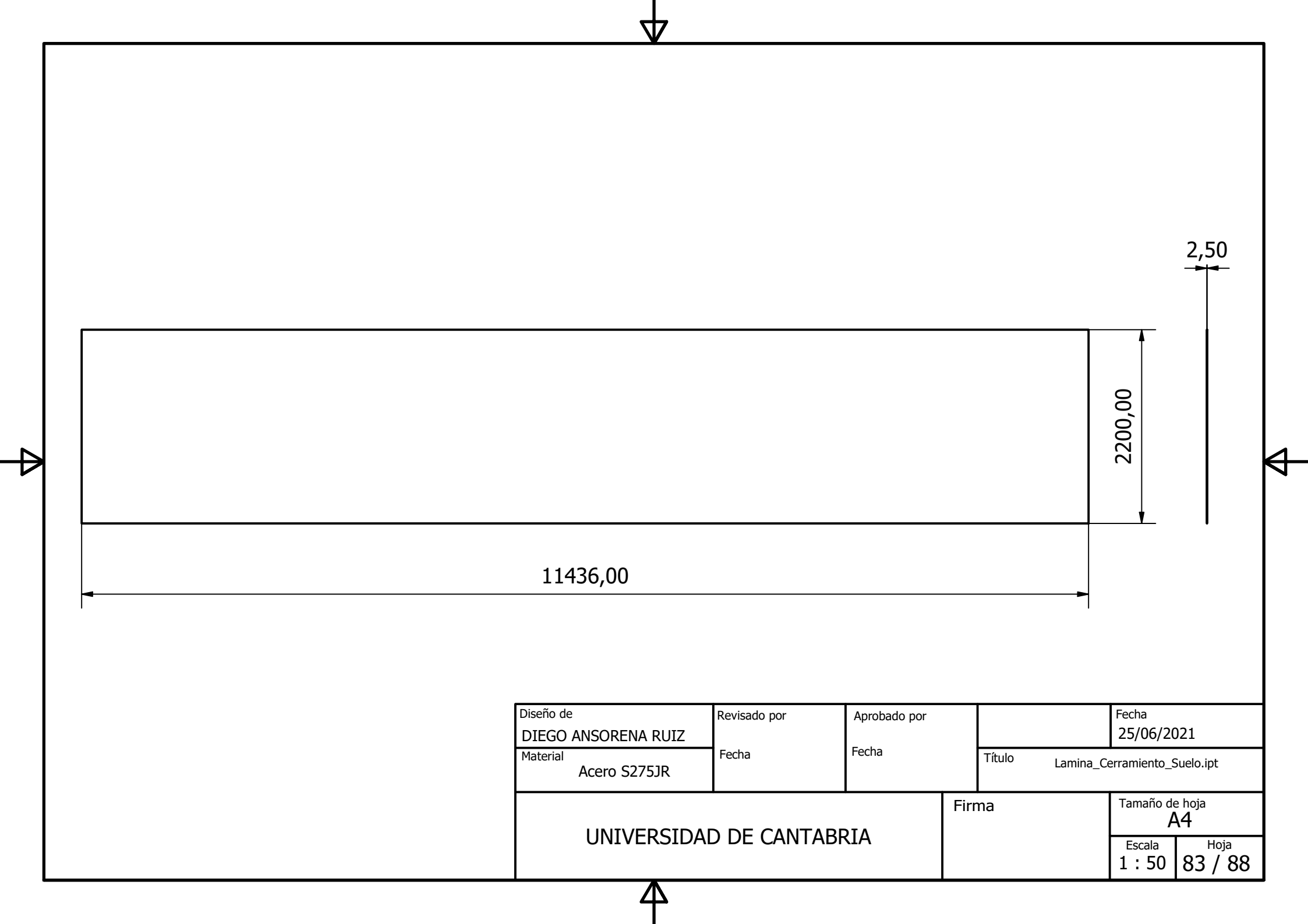
LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO		CTDAD	Nº DE PIEZA	
1		2	Lámina_Cerramiento_Pared	
2		2	Lamina_Cerramiento_Suelo	
3		2	Panel frontal y posterior desmontable	
4		9	Bisagra2	
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha	Título Container 40 ft v3.0 - Final_V02_ESTRUCTURA_PLEGABLE_PANELES.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A2
				Escala 1 : 25
				Hoja 81 / 88

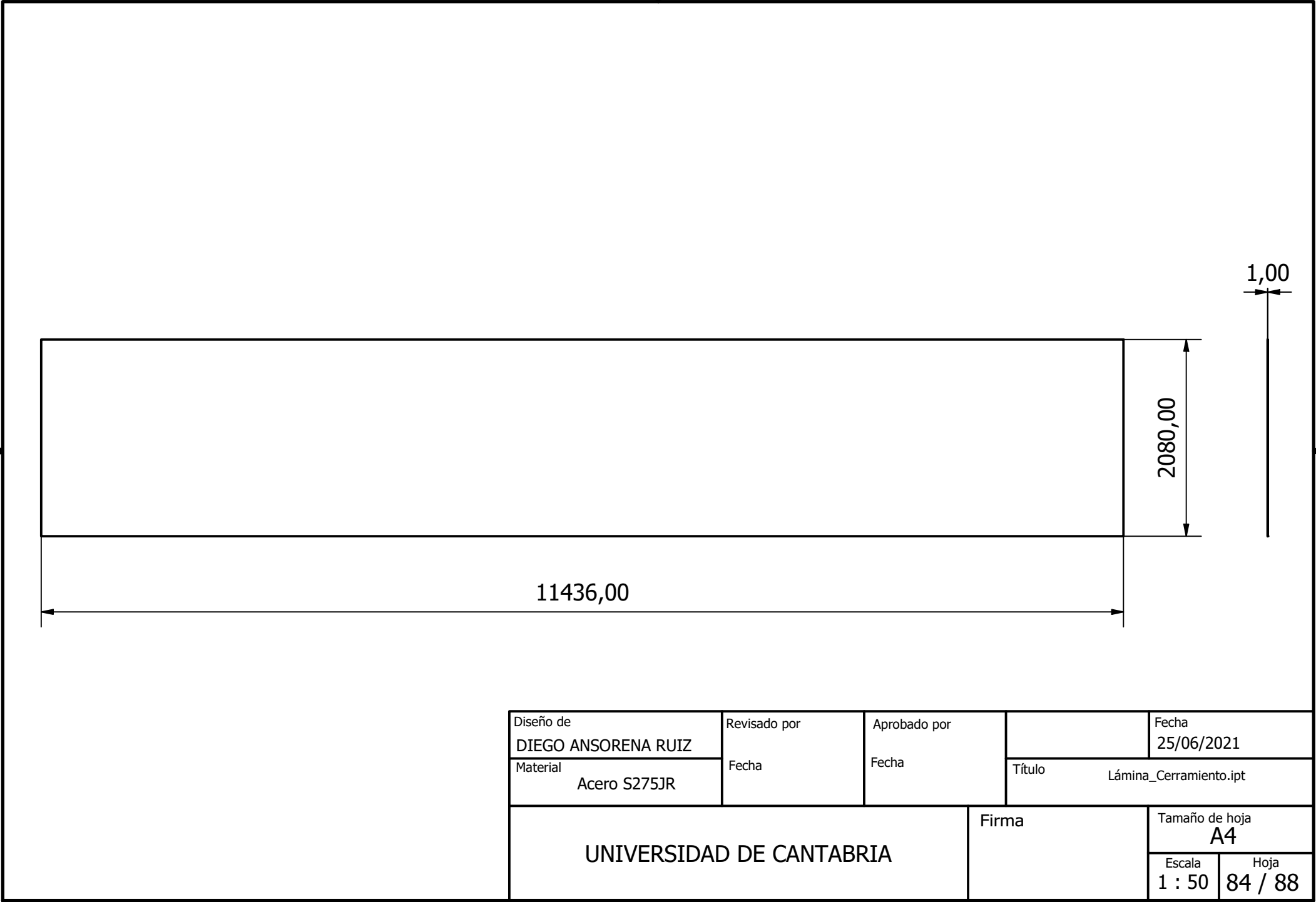


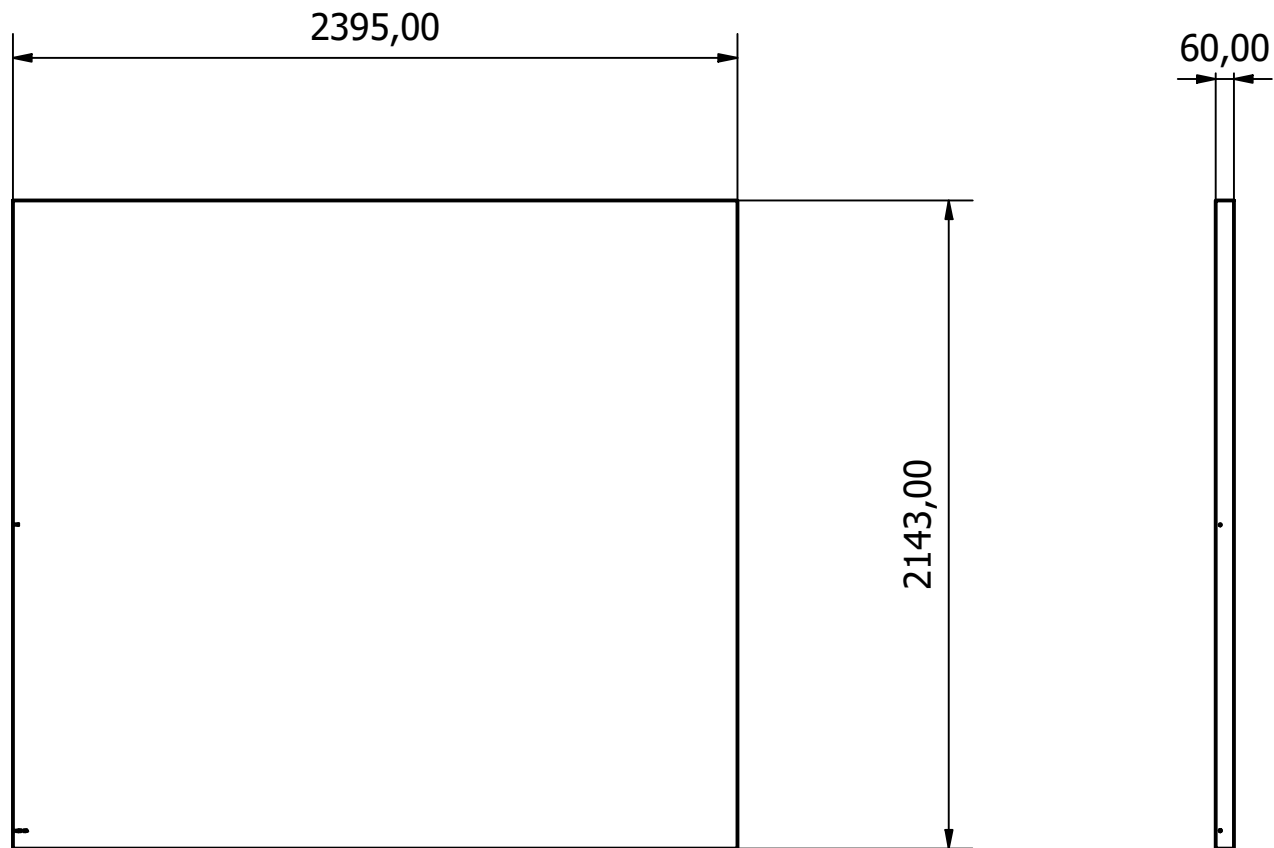
Y-Y ( 2 : 1 )



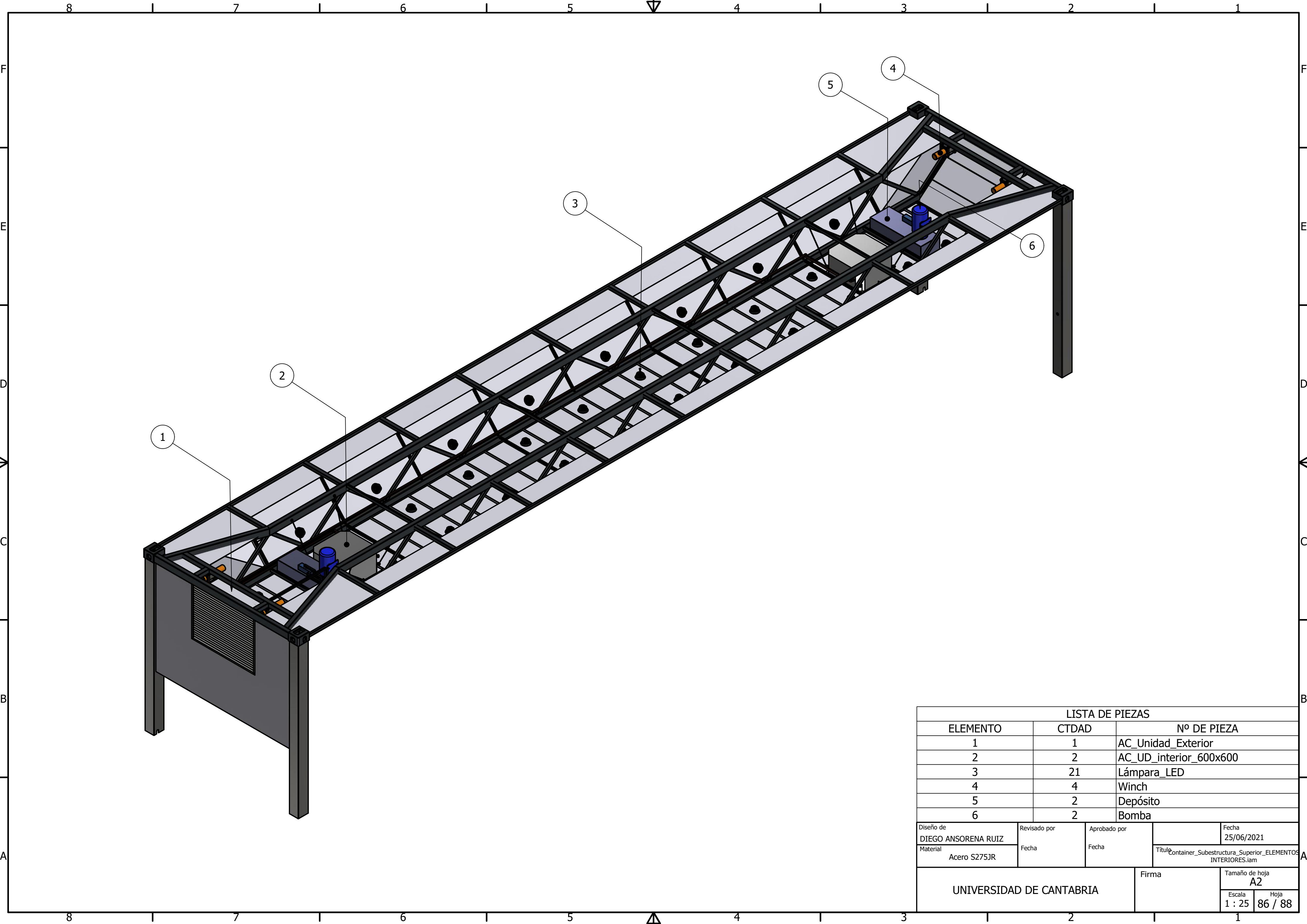
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S650MC	Fecha	Fecha	Título Bisagra_2.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		Firma	Tamaño de hoja A4
			Escala 1 : 1
			Hoja 82 / 88







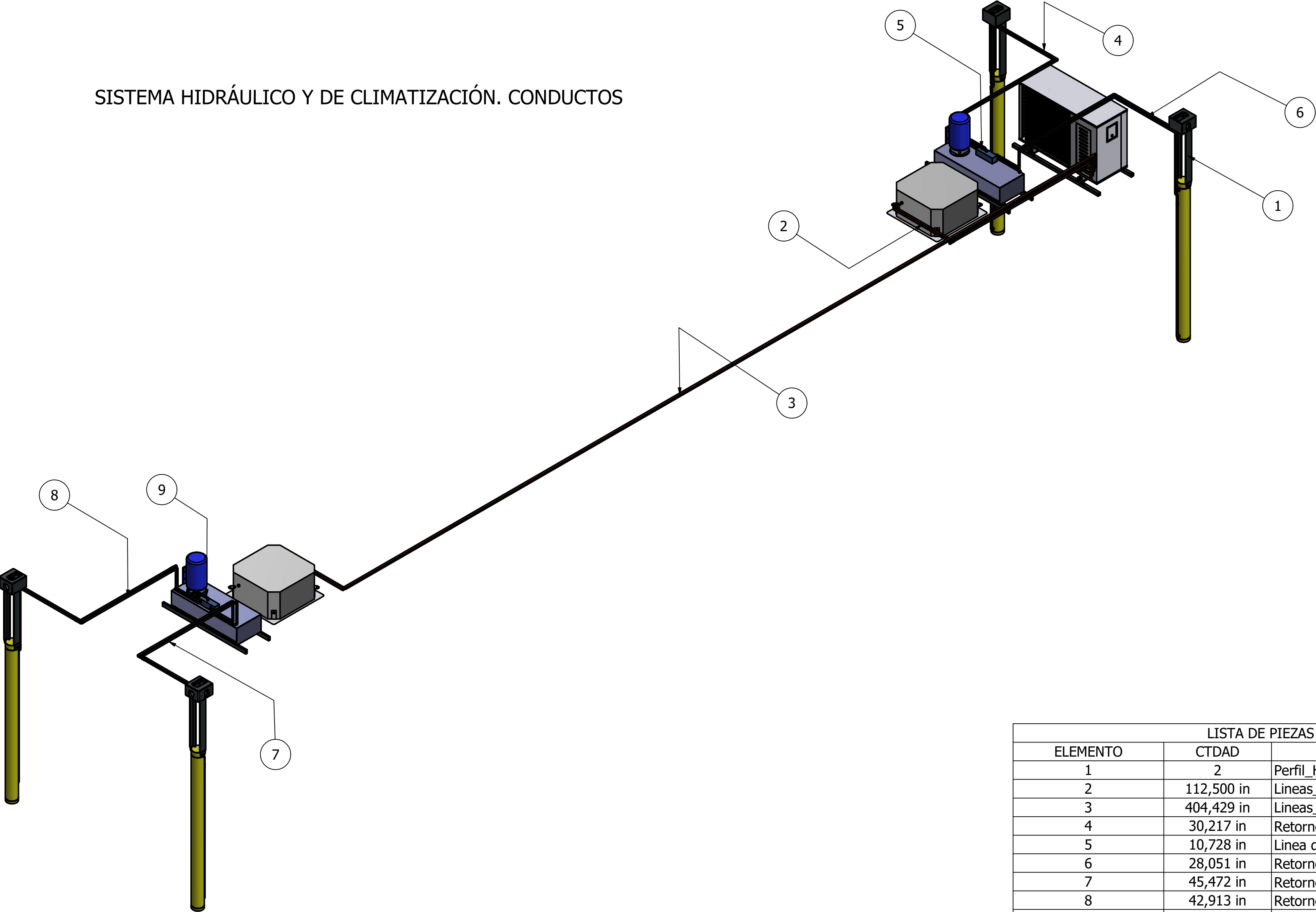
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021	
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha	Título	Panel frontal y posterior desmontable.ipt
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma		Tamaño de hoja A4
					Escala 1 : 25
					Hoja 85 / 88



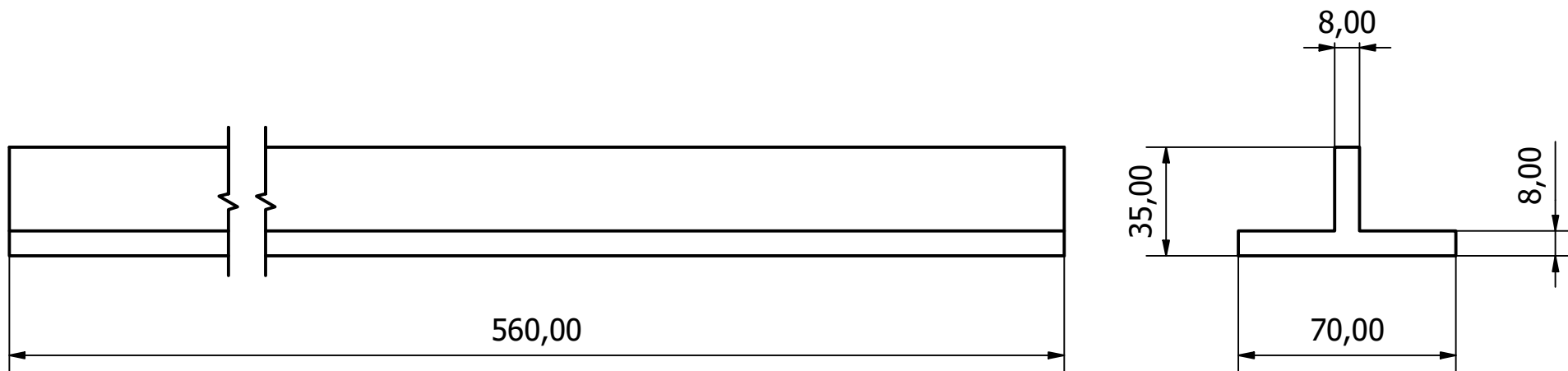
LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO		CTDAD	Nº DE PIEZA	
1		1	AC_Unidad_Exterior	
2		2	AC_UD_interior_600x600	
3		21	Lámpara_LED	
4		4	Winch	
5		2	Depósito	
6		2	Bomba	
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por	Aprobado por	Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR		Fecha	Fecha	Título Container_Subestructura_Superior_ELEMENTOS INTERIORES.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A2
				Escala 1 : 25      Hoja 86 / 88



SISTEMA HIDRÁULICO Y DE CLIMATIZACIÓN. CONDUCTOS



LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA		
1	2	Perfil_H		
2	112,500 in	Lineas_AC_Interior_1		
3	404,429 in	Lineas_AC_Interior_2		
4	30,217 in	Retorno y presión cilindro 1		
5	10,728 in	Linea de presión bomba 1		
6	28,051 in	Retorno y presión cilindro 2		
7	45,472 in	Retorno y presión cilindro 3		
8	42,913 in	Retorno y presión cilindro 4		
9	12,894 in	Linea de presión bomba 2		
Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ		Revisado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR		Fecha		Título Sistema hidráulico.iam
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A2
				Escala 1 : 25
				Hoja 87 / 88



Diseño de DIEGO ANSORENA RUIZ	Revisado por	Aprobado por		Fecha 25/06/2021
Material Acero S275JR	Fecha	Fecha	Título	H.ipt
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			Firma	Tamaño de hoja A4
				Escala 1 : 2
				Hoja 88 / 88



# **PLIEGO DE CONDICIONES**

## **1. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA O PROYECTO**

El proyecto consiste en el diseño de un contenedor expandible con las siguientes condiciones:

- Su carga máxima en estado compacto es de 5 toneladas.
- Su aforo máximo es de 60 personas.
- Sus dimensiones exteriores son normalizadas (designación de contenedor 1AA).
- Consta de un sistema hidráulico para la elevación de la subestructura superior.
- Consta de un sistema de cabrestantes eléctricos para el despliegue del suelo plegable y elevación de la pared plegable.
- Consta de un sistema de climatización (aporte de frío y calor).

## **2. CONDICIONES GENERALES**

### **2.1. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS**

#### **2.1.1. Plazo**

El plazo límite de entrega definitiva establecido no deberá de ser sobrepasado.

En caso de sobrepasar el plazo establecido, el cliente podrá establecer sanciones

#### **2.1.2. Obras defectuosas**

En el caso de que la obra o alguna parte de ella contenga defectos inadmisibles antes de la recepción final, el contratista deberá de reparar por cuenta propia las partes afectadas.

#### **2.1.3. Recepción provisional**

Tras la finalización de la totalidad de los trabajos expuestos en el presente proyecto, la obra se entregará de forma provisional al promotor.

#### **2.1.4. Período de prueba**

El periodo de prueba se realizará inmediatamente después del fin de la obra.

Puesta en marcha de todos los servicios auxiliares. Sistema hidráulico, de climatización, eléctrico, etc.

Se deberá de comprobar el buen funcionamiento de todos los equipos.

Se realizarán las pruebas de estanqueidad pertinentes.

Los fluidos utilizados por los equipos serán drenados e inspeccionados tras un primer funcionamiento en busca de posibles defectos (virutas metálicas, filtraciones de fluidos externos, etc). Los equipos se repondrán de fluido nuevo tras la inspección.

El contenedor será expandido y recogido de nuevo hasta su forma compacta el número de veces necesarias para comprobar el correcto funcionamiento de la totalidad de los sistemas, asegurar de que no exista interferencia entre diferentes elementos y comprobar todos los elementos de fricción.

Se realizarán una serie de pruebas de carga del contenedor tanto en su estado recogido o compacto como en su estado expandido.

En su configuración compacta se deberá de introducir una carga de 8 toneladas en la posición central del interior del contenedor. Este deberá de ser izado por medio de sus cantoneras superiores así como las inferiores para garantizar la resistencia de la estructura.

En su configuración expandida se deberá de incluir un peso equivalente al valor de diseño mencionado en los anexos.

### **2.1.5. Recepción definitiva**

La recepción definitiva se realizará 6 meses tras la recepción provisional tras obtener un resultado favorable durante unas pruebas equivalente a las realizadas durante el periodo de pruebas. El proyecto totalmente finalizado y funcional será a partir de este momento propiedad del cliente.

### **2.1.6. Periodo de garantía**

Se establece un periodo de garantía de un (1) año, que comienza tras la recepción provisional del proyecto. Durante este periodo se podrá reclamar cualquier defecto debido a una deficiente ejecución material o por cualquier fallo de diseño existente no detectado durante las anteriores fases del proyecto.

En caso de no realizar un mantenimiento adecuado según las exigencias dadas en el presente escrito la garantía no será aplicable hacia ningún elemento con carencias de mantenimiento o uso incorrecto del mismo.

## **2.2. CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS**

### **2.2.1. Subcontrata**

Se podrá subcontratar cualquier parte de la obra, siempre que exista una previa autorización del Ingeniero Técnico.

### **2.2.2. Penalizaciones**

En caso de sobrepasar el plazo de fin de obra establecido con el promotor, el promotor tendrá la potestad de aplicar las respectivas sanciones económicas establecidas en el contrato.

Las sanciones se estimarán en porcentaje respecto al presupuesto del proyecto, aplicadas a modo diario.

### **2.2.3. Pago**

El abono del presente proyecto se efectuará en un 70% dividido en pagos iguales a término semanal hasta la recepción provisional del proyecto. Tras superar el periodo de prueba y la recepción provisional del proyecto, se realizará el 20% restante del pago. Tras una última inspección y la recepción definitiva, se procederá al pago del 10% restante, completando el 100% de su totalidad.

## **2.3. CONDICIONES GENERALES LEGALES**

### **2.3.1. Contratista**

Debe de asumir contractualmente ante el promotor, con medios humanos y materiales, propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto y al contrato.

El contratista podrá subcontratar cualquier parte de la obra, siempre que exista una previa autorización del Ingeniero Técnico.

### **2.3.2. Responsabilidades del contratista**

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, legislación y Dirección Facultativa
- Designar al Jefe de Obra: asume la representación técnica del constructor en la obra y que debe de tener la titulación y experiencia adecuada
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que requiera
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones

## **3. CONDICIONES PARTICULARES**

---

### **3.1. UNIONES ATORNILLADAS**

Los pasadores y pernos utilizados deberán de tener el grado de calidad indicado en el anexo de cálculos. El par de apriete proporcionado sobre cada perno debe de ser el correspondiente a la fuerza de precarga calculada.

### **3.2. SOLDADURAS**

Todas las soldaduras realizadas en este proyecto deben de cumplir con las exigencias establecidas en el Código Técnico de la Edificación.

El material de aportación de la soldadura constará en todo caso de una resistencia superior a la de los dos materiales a unir.

Para las soldaduras a tope, la preparación de los bordes deberá de realizarse mediante mecanizado.

En caso de encontrar defectos no admisibles en las soldaduras, estos se eliminarán mediante amolado, manteniendo en cualquier caso un espesor de garganta igual o superior a 4 milímetros.

Los procesos de soldadura permitidos para su ejecución son TIG, MIG/MAG, SMAW, SAW y soldadura por resistencia. Este último método se permite solamente para el caso de soldadura de pernos con rosca interior (soldadura a tope por resistencia) y para las soldaduras de las láminas metálicas de cerramiento (soldadura por roldanas).

Los perfiles de acero estructurales se soldarán a lo largo de la totalidad de su perímetro de contacto.

### **3.3. MATERIALES**

Todos los materiales adquiridos tienen que ser de gran calidad y provenientes de primeras marcas. Deben de estar libres de defectos e impurezas (superficiales e internas) que puedan modificar sus propiedades mecánicas.

Los materiales de los elementos estructurales, de las piezas diseñadas y los distintos elementos normalizados deben de ser exactamente los indicados en la memoria de cálculo. En caso contrario, los materiales deberán de ser sometidos a pruebas y ensayos con el fin de garantizar unas propiedades mecánicas superiores a las indicadas.

Las propiedades y estructura de los materiales deberán de permanecer intactas tras procesos de mecanizado, plegado, etc.

### **3.4. ENSAYOS**

Los perfiles metálicos estructurales deben de someterse a ensayos de tracción, una pieza por cada medida de sección diferente.

Para los aceros de piezas diseñadas deberán de formarse un grupo de cinco probetas de tracción por cada material diferenciado.

Los ensayos de tracción deberán de realizarse acorde con la normativa vigente.

### **3.5. SEGURIDAD**

Se deberán de adoptar las medidas suficientes de seguridad tanto individual (EPIs) como colectiva para la realización de cada trabajo diferente. En cada trabajo se deberán de seguir las medidas de seguridad pertinentes (soldadura, mecanizado, etc).

### **3.6. LUBRICACIÓN**

Las grasas y aceites empleados, tanto para el engrase como para el funcionamiento de sistemas hidráulicos han de ser de marcas de renombre y de primera calidad, atendiendo particularmente a las especificaciones del fabricante de las bombas hidráulicas.

Todo elemento móvil deberá de estar correctamente lubricado antes de cualquier puesta en funcionamiento.

En caso de que el resultado de los ensayos sea desfavorable, se deberá de buscar un nuevo proveedor.

### **3.7. MOVIMIENTO DE PLEGADO Y DESPLEGADO**

Para la expansión y compactación del contenedor, se deberán de seguirse las indicaciones presentadas en la memoria descriptiva y anexos.

### **3.8. IZAJE**

El izaje del contenedor se realizará única y exclusivamente a través de los puntos de anclaje dispuestos en las esquineras o cantoneras del contenedor, quedando terminantemente prohibido su manejo mediante medios ajenos a este.

### **3.9. TRANSPORTE**

Su transporte se realizará mediante un semirremolque portacontenedores o mediante un semirremolque plataforma homologado para el transporte de contenedores ISO (dotado de los dispositivos de bloqueo para contenedores).

### **3.10. REACCIÓN AL FUEGO**

La lona utilizada como parte de la cubierta de la estructura deberá de cumplir con la clasificación contra el fuego M-1 según los estándares aplicados a la norma UNE 23727 para espesores de material inferiores a 5 milímetros.

El material aislante utilizado en el resto del contenedor en cuestión debe de cumplir con la clasificación M-1, aplicada para materiales de espesor mayor a 5 milímetros.

### **3.11. AISLAMIENTOS**

Deben garantizar un aislamiento tal que asegure un correcto funcionamiento de los sistemas de climatización.

Su conductividad térmica no podrá sobrepasar el valor de  $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , salvo para el caso de la lona.

Han de ser de la euroclase A1 de reacción al fuego según la norma UNE-EN 13501-1.

### **3.12. LONA**

Sometida a tratamientos anti-rayos UVA, anti-moho, anti-pútrido y anti-ambiente salino. Deben de ser totalmente impermeables.

Sus fibras interiores han de ser de tejido de aramida y su recubrimiento exterior de PVC, garantizando una resistencia mínima de  $2000 \text{ daN/5cm}$ , garantizada mediante los ensayos que cumplen las normas UNE-EN-ISO-1421 y UNE-53326.

### **3.13. SELLOS DE ESTANQUEIDAD**

Los sellos de estanqueidad podrán estar formados por cualquier polímero elástico que garantice la total estanqueidad del contenedor, tanto en estado compacto como en su estado expandido. Deberán de ser resistentes a condiciones meteorológicas adversas, así como a la radiación solar, con un rango de funcionamiento entre  $-15^{\circ}$  y  $70^{\circ}$ .

### **3.14. PINTURA**

Deberá de cubrir por completo cualquier elemento metálico, exceptuando zonas móviles engrasadas susceptibles a fricción.

Deberá prevenir la oxidación o corrosión de cualquier elemento metálico bajo cualquier circunstancia, incluido la influencia de un ambiente corrosivo (salino) como el caso de una zona costera.

Se pintarán una serie de muestras para comprobar el acabado de la pintura.

### **3.15. INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y DE ALUMBRADO**

La instalación eléctrica debe de contar necesariamente con los siguientes elementos:

- Sistema de protección por medio de fusibles.
- Sistema inalámbrico de transmisión de datos vía conexión Bluetooth o Wifi.
- Sistema alámbrico de transmisión de datos vía VGA, USB, Ethernet, etc.
- Conexión a corriente 220V-110V.
- Transformador de corriente acompañado de un rectificador (paso de corriente alterna a continua de 24V para los cabrestantes eléctricos).
- Unidad electrónica de control, PLC o similar para garantizar el control absoluto y remoto de todos los sistemas que consuman corriente eléctrica.
- Sistema de desconexión de emergencia.

Se debe de garantizar el control total de todos los elementos eléctricos tanto de forma alámbrica como inalámbrica desde un dispositivo electrónico exterior (Incluido móvil y ordenador).

### **3.16. INSTALACIÓN HIDRÁULICA**

Constará de dos bombas hidráulicas compactas funcionando al unísono, controladas mediante una serie de electroválvulas accionadas mediante el sistema de control.

### **3.17. INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN**

Debe de tener una potencia máxima igual o superior a los 12kW, tanto en el ciclo de refrigeración como el de calefacción, con un rango de funcionamiento entre -15°C y 45°C o superior.



### **3.18. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

Se incluirá un extintor de polvo o CO<sub>2</sub>, con una capacidad mínima de 2Kg por unidad. Cada esquina interior del contenedor constará de un extintor que cumpla la normativa legal vigente.

### **3.19. CABRESTANTES ELÉCTRICOS**

Estos elementos deberán de tener una capacidad de carga mínima de 1300Kg por unidad, tratándose de cuatro unidades en total.

Sus fijaciones por pernos quedan determinadas por el fabricante.

### **3.20. OTRAS INSTALACIONES**

La instalación del falso techo, paneles y puertas sándwich se realizará de acuerdo con el procedimiento proporcionado por la empresa que los suministra. Deberán de cumplir con las exigencias referentes a la protección contra incendios y aislamiento ya establecidas.

# **ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

**Presupuesto parcial nº 1 Estructura metálica**

Nº	Ud	Descripción	Medición		Precio	Importe		
1.1	Kg	Perfil de acero S275JR, de las series UF, perfiles huecos rectangulares, huecos cuadrados y pletinas, acabados en caliente, para aplicaciones estructurales. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.						
			Uds.	Largo	Ancho	Peso	Parcial	Subtotal
ESTRUCTURA PRINCIPAL								
		PERFILES HUECOS RECTANGULARES						
		100 60.5	4	2,11		11,10	93,68	
			2	11,84		11,10	262,85	
			2	9,60		11,10	213,12	
			2	10,80		11,10	239,76	
			4	1,24		11,10	55,06	
		40 50.2	18	0,62		2,87	32,03	
		40 30.3	40	0,70		3,00	84,00	
		40 30.2	2	11,84		2,20	52,10	
		40 20.2	6	1,02		1,85	11,32	
		PERFILES HUECOS PERSONALIZADOS						
		162 178.6	4	2,36		29,90	282,26	
		156 172.6	4	2,36		28,40	268,10	
		PERFILES HUECOS CUADRADOS						
		20.2	6	1,02		1,21	7,41	
			18	0,65		1,21	14,16	
		PERFILES CONFORMADOS U						
		UF 80.5	19	2,31		5,52	242,27	
		ACERO LAMINADO E=3 MM						
			1	0,01		7.850,00	78,50	
		PERFILES T						
		T 70 8	8	0,56		8,32	37,27	
ESTRUCTURA PLEGABLE								
		PERFILES HUECOS CUADRADOS						
		60.4	4	2,40		6,60	63,36	
			2	2,11		6,60	27,85	
			14	11,54		6,60	1.066,30	
			22	2,30		6,60	333,96	
			4	2,19		6,60	57,82	
			12	2,04		6,60	161,57	

**Presupuesto parcial nº 1 Estructura metálica**

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
40.4			12	1,80		4,09	88,34	
		PERFILES RECTANGULARES MACIZOS						
56.8			9	2,08		3,52	65,89	
						3.838,98	3.838,98	
			Total Kg .....:		3.838,98	1,68	6.449,49	
1.2	Kg	Acero S355JR, en perfiles huecos acabados en caliente, piezas simples, de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.						
			Uds.	Largo	Ancho	Peso	Parcial	Subtotal
PERFIL HUECO CIRCULAR								
D40.6			10	0,13		4,00	5,20	
			4	0,08		4,00	1,28	
						6,48	6,48	
			Total Kg .....:		6,48	1,85	11,99	
1.3	Kg	Acero S650MC, en piezas simples.						
			Uds.	Largo	Ancho	Peso	Parcial	Subtotal
PERFIL CIRCULAR MACIZO								
D16			22	0,04		1,60	1,41	
						1,41	1,41	
			Total Kg .....:		1,41	2,15	3,03	
Total presupuesto parcial nº 1 Estructura metálica :							6.464,51	

**Presupuesto parcial nº 2 Cerramientos**

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
2.1	Kg	Lámina de espesor e=1 mm y e=2.5 mm de acero S275JR acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	Uds.	Volumen	Ancho	Densidad	Parcial	Subtotal
ESPESOR 2.5 MM			4	0,07		7.850,00	2.198,00	
ESPESOR 1 MM			4	0,03		7.850,00	942,00	
			1	0,01		7.850,00	78,50	
							3.218,50	3.218,50
			Total Kg .....			3.218,50	1,68	5.407,08
2.2	M2	Aislamiento térmico para fachada de doble hoja, de chapa perfilada de acero, formado por manta ligera de lana de vidrio, de 60 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 1,4 m²K/W. Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1.						
			Total m2 .....			105,80	3,20	338,56
2.3	M2	Panel sándwich de 30 mm de espesor total, , formado por un núcleo de poliestireno expandido, textura lisa, color blanco.						
			Total m2 .....			8,00	23,00	184,00
			Total presupuesto parcial nº 2 Cerramientos :					5.929,64

**Presupuesto parcial nº 3 Cubiertas**

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
3.1	Kg	Lámina de espesor e=2.5 mm de acero S275JR acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	Uds.	Volumen	Ancho	Densidad	Parcial	Subtotal
			1	0,08		7.850,00	628,00	
							628,00	628,00
		<b>Total Kg .....</b>				<b>628,00</b>	<b>1,68</b>	<b>1.055,04</b>
3.2	M2	Aislamiento térmico para cubierta de una hoja, de chapa perfilada de acero, formado por manta ligera de lana de vidrio, de 60 mm de espesor, resistencia térmica 1,4 m²K/W. Euroclase A1 de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1.						
		<b>Total m2 .....</b>				<b>30,00</b>	<b>3,20</b>	<b>96,00</b>
3.3	M2	Lona de fibra de aramida recubierta de PVC sometida a tratamientos anti-rayos UVA, anti-moho, anti-pútrido y anti-ambiente salino, con impermeabilidad total. Resistencia mínima de 2000daN/5cm mediante UNE-EN-ISO-1421 y UNE-53326.						
		<b>Total m2 .....</b>				<b>52,00</b>	<b>20,00</b>	<b>1.040,00</b>
		<b>Total presupuesto parcial nº 3 Cubiertas :</b>						<b>2.191,04</b>

**Presupuesto parcial nº 4 Falsos techos**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
4.1	M2	Bandeja de acero galvanizado, acabado liso, color blanco, modelo Scila clip-in "THU", de 1 mm de espesor, en módulos de 300x1200 mm.			
		Total m2 .....	27,00	21,56	582,12
4.2	MI	Perfil primario T 24 24 de espesor 1mm, "THU", color blanco, de acero galvanizado.			
		Total ml .....	60,00	0,63	37,80
4.3	MI	Perfil oculto triángulo de espesor 1mm, "THU", color blanco, de acero galvanizado.			
		Total ml .....	8,00	2,15	17,20
4.4	Ud	Cuelgue para falsos techos suspendidos.			
		Total ud .....	20,00	0,60	12,00
4.5	Ud	Varilla de cuelgue. Incluye fijaciones.			
		Total ud .....	20,00	0,95	19,00
<b>Total presupuesto parcial nº 4 Falsos techos :</b>					<b>668,12</b>

**Presupuesto parcial nº 5 Carpinterías**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
5.1	Ud	Puerta cortafuegos homologada, EI2 90, según UNE-EN 1634-1, de dos hojas de 63 mm de espesor, anchura de hueco de 2000 mm y altura de 2150 mm, acabado lacado en color blanco, formado por dos chapas de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia de lana de roca de alta densidad. Colocada y montada.			
		Total ud .....:	1,00	909,16	909,16
		Total presupuesto parcial nº 5 Carpinterías :			909,16



**Presupuesto parcial nº 6 Sistema de climatización**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
6.1	Ud	Unidad interior de aire acondicionado, de cassette , adaptable a panel modular para techo estándar de 600x600 mm, modelo RAI-50RPE "HITACHI", para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 5 kW , potencia calorífica nominal 6 kW, refrigerante R32, de dimensiones 285x570x570 mm, peso 19.8 kg.			
		Total ud .....:	2,00	1.257,00	2.514,00
6.2	Ud	Unidad exterior multisplit, bomba de calor, modelo RAM-110NP5E "HITACHI", para gas R-32, , alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 10 kW , potencia calorífica nominal 12 kW , COP 3.8, conectabilidad de hasta 5 unidades interiores, 800x950x370 mm, peso 78.4 kg.			
		Total ud .....:	1,00	4.517,00	4.517,00
6.3	MI	Tubería de cobre aislada 1/4" para refrigerante.Preaisladas con aislamiento termico de espuma de polietileno, con una capa de proteccion exterior de color blanco, gofrado.			
		Total ml .....:	35,00	2,00	70,00
6.4	Ud	Kit de amortiguadores antivibración de suelo, formado por cuatro amortiguadores de caucho, con sus tornillos, tuercas y arandelas correspondientes.			
		Total ud .....:	4,00	6,50	26,00
6.5	Ud	Elementos para suspensión del techo para unidad interior			
		Total ud .....:	8,00	3,20	25,60
6.6	Ud	Orejetas de soporte para elementos de suspensión. Preparación de bordes por mecanizado.			
		Total ud .....:	8,00	3,50	28,00
<b>Total presupuesto parcial nº 6 Sistema de climatización :</b>					<b>7.180,60</b>

**Presupuesto parcial nº 7 Instalación hidráulica**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
7.1	Ud	Cilindro hidráulico de doble efecto 706/1500 "CICROSA", de 1500 mm de carrera, juntas J76N.			
		Total ud .....:	4,00	282,70	1.130,80
7.2	Ud	Bomba hidráulica compacta de la serie 550 "PARKER", tamaño 26, 1.5 CV, 220V CA, caudal máximo de 14.1 lpm, presión máxima de 207 bar.			
		Total ud .....:	2,00	602,72	1.205,44
7.3	Ud	Depósito de fluido hidráulico de 36 litros de capacidad.			
		Total ud .....:	2,00	118,38	236,76
7.4	MI	Manguera hidráulica de 1/2", hasta 275 bar (4000 PSI), latiguillos y conexiones incluidos.			
		Total ml .....:	24,00	4,35	104,40
7.5	Ud	Válvula electrohidráulica selectora 1/2", 6 vías 12v Roquet 27788 , Presión máxima de trabajo 250 bar Caudal nominal 80 l/min. Potencia electroimán 12 DC - 40W Presión máxima de trabajo 250 bar, Caudal nominal 80 l/min. Potencia electroimán 12 DC - 40W.			
		Total ud .....:	4,00	119,38	477,52
7.6	Ud	Orejetas de soporte cilindros hidráulicos para soldar. Preparación de bordes por mecanizado incluida.			
		Total ud .....:	16,00	7,50	120,00
<b>Total presupuesto parcial nº 7 Instalación hidráulica :</b>					<b>3.274,92</b>

**Presupuesto parcial nº 8 Instalación eléctrica**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
8.1	Ud	Caja de distribución de plástico, de superficie, con grados de protección IP65 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 5 módulos, de 136x125x108 mm, según UNE-EN 60670-1.			
		Total ud .....	1,00	17,65	17,65
8.2	MI	Cable eléctrico, "PRYSMIAN", tensión nominal 300/500 V, de alta seguridad y resistencia al fuego (AS+), con conductores de cobre recocido, de 2x1,5 mm² de sección, aislamiento de silicona, pantalla de cinta de aluminio y poliéster de 0,25 mm² de sección, con las siguientes características: no propagación de la llama, no propagación del incendio, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, resistencia al fuego, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío y resistencia a los rayos ultravioleta. Según UNE 211025.			
		Total ml .....	50,00	1,40	70,00
8.3	MI	Cable eléctrico para transmisión de datos, señales analógicas y digitales, Datax "PRYSMIAN", tipo LiYCY, tensión nominal 250 V, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 3x0,75 mm² de sección, aislamiento de policloruro de vinilo (PVC), apantallado con trenza de cobre estañado (cobertura superior al 65%), cubierta de policloruro de vinilo (PVC), y con las siguientes características: no propagación de la llama y baja emisión de humos opacos.			
		Total ml .....	12,00	0,56	6,72
8.4	MI	Canalización de tubo de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con accesorios y piezas especiales incluidos.			
		Total ml .....	6,00	1,49	8,94
8.5	Ud	PLC ARDUINO "M-DUINO" LE 57R I/Os, hasta 18 Entradas y 31 Salidas. Comunicaciones Wi-Fi & Bluetooth LE (ESP32), RTC, µSD, Ethernet, USB, Full/Half duplex, RS485, RS232, I2C, Modbus.			
		Total ud .....	1,00	514,29	514,29
8.6	Ud	Cabrestante eléctrico 3000lb (1360Kg) con cable de acero, engranajes planetarios de 3 etapas, 24V, 1000W.			
		Total ud .....	4,00	229,00	916,00
8.7	Ud	Lámpara LED control remoto RGB+CCT, "LEDBOX", control remoto WiFi, 220V (50-60Hz), instalada.			
		Total ud .....	42,00	29,95	1.257,90
8.8	MI	Tubo de silicona LED "LEDBOX", RGB, control remoto WiFi, 19.2 W/m, 12.5x12.5 mm, con protección IP67. Tapon final para el neón y grapas de fijación incluidos.			
		Total ml .....	19,00	16,79	319,01
8.9	Ud	Caja de suelo "LEGRAND" sin marco de 8 módulos.			
		Total ud .....	4,00	44,79	179,16
Total presupuesto parcial nº 8 Instalación eléctrica :					3.289,67

**Presupuesto parcial nº 9 Instalación contra incendios**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
9.1	Ud	Suministro e instalación de extintor de CO2, 34B, incluso cartel de señalización del mismo.			
		Total ud .....:	4,00	30,69	122,76
9.2	Ud	Suministro e instalación, detector óptico de humos con elemento estatico, modelo DOH o similar.			
		Total ud .....:	2,00	34,52	69,04
Total presupuesto parcial nº 9 Instalación contra incendios :					191,80

**Presupuesto parcial nº 10 Otros elementos comerciales**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
10.1	Ud	Rampa extensible de aluminio portátil, con varilla de soporte y barandilla.			
		Total ud .....	1,00	1.500,00	1.500,00
10.2	Ud	Soportes de nivelado para contenedor, fijación mediante "Twist-Locks", capacidad de carga de 5 toneladas por soporte, con 200 mm de regulación en altura.			
		Total ud .....	4,00	495,84	1.983,36
10.3	Ud	Esquinas según ISO 1161 para contenedores de 40 pies			
		Total ud .....	8,00	17,34	138,72
10.4	M2	Suelo de madera contrachapada 60 mm, fabricado con interior de madera de pino y caras externas de Okume, encoladas con resina fenolica de clase 3			
		Total m2 .....	27,60	39,95	1.102,62
10.5	MI	Junta de goma sellante para contenedor			
		Total ml .....	80,00	2,76	220,80
10.6	Ud	Tornillería de acero, grado 8.8 y rosca métrica fina			
		Total ud .....	70,00	2,55	178,50
10.7	Ud	Pasador de seguridad, acero galvanizado, límite elástico superior a 275MPa.			
		Total ud .....	32,00	1,45	46,40
10.8	Ud	Bridas de cierre regulables "ELESA-GANTER", modelo GN 854 tipo T2S para soldar, de acero forjado St 37 sin tratar.			
		Total ud .....	20,00	14,85	297,00
10.9	Ud	Pulsador clip de resorte de acero galvanizado, tubo de cierre de diámetro 12 mm.			
		Total ud .....	24,00	3,00	72,00
10.10	Ud	Pasador de seguridad automático seccional, con bloqueo. Diámetro 30 mm.			
		Total ud .....	4,00	21,77	87,08
<b>Total presupuesto parcial nº 10 Otros elementos comerciales :</b>					<b>5.626,48</b>

## 1. COSTE DE MATERIALES

1 Estructura metálica	6.464,51
2 Cerramientos	5.929,64
3 Cubiertas	2.191,04
4 Falsos techos	668,12
5 Carpinterías	909,16
6 Sistema de climatización	7.180,60
7 Instalación hidráulica	3.274,92
8 Instalación eléctrica	3.289,67
9 Instalación contra incendios	191,80
10 Otros elementos comerciales	5.626,48
Total .....	35.725,94

Asciende el coste de material a la expresada cantidad de **TREINTA Y CINCO MIL SETECIENTOS VEINTICINCO EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.**

**Presupuesto parcial nº 1 Mano de obra directa de fabricación**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
1.1	H	Perfiles y elementos metálicos. Subestructura inferior			
		Total h .....:	48,00	20,00	960,00
1.2	H	Perfiles y elementos metálicos. Subestructura superior			
		Total h .....:	96,00	20,00	1.920,00
1.3	H	Perfiles y elementos metálicos. Subestructuras laterales móviles			
		Total h .....:	108,00	20,00	2.160,00
Total presupuesto parcial nº 1 Mano de obra directa de fabricación :					5.040,00

**Presupuesto parcial nº 2 Mano de obra directa de montaje**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
2.1	H	Montaje de la estructura metálica. Subestructura inferior			
		Total h .....:	24,00	20,00	480,00
2.2	H	Montaje de la estructura metálica. Subestructura superior			
		Total h .....:	50,00	20,00	1.000,00
2.3	H	Montaje de la estructura metálica. Subestructuras laterales móviles			
		Total h .....:	60,00	20,00	1.200,00
2.4	H	Instalación eléctrica			
		Total h .....:	18,00	20,00	360,00
2.5	H	Instalación hidráulica			
		Total h .....:	18,00	20,00	360,00
2.6	H	Instalación sistema de climatización			
		Total h .....:	16,00	20,00	320,00
2.7	H	Instalación contra incendios			
		Total h .....:	2,00	20,00	40,00
2.8	H	Montaje cubiertas, cerramientos y carpinterías. Incluido aislamiento.			
		Total h .....:	18,00	20,00	360,00
<b>Total presupuesto parcial nº 2 Mano de obra directa de montaje :</b>					<b>4.120,00</b>



## 2. COSTE DE MANO DE OBRA DIRECTA

1 Mano de obra directa de fabricación	5.040,00
2 Mano de obra directa de montaje	4.120,00
Total .....	9.160,00

Asciende el coste de mano de obra directa a la expresada cantidad de **NUEVE MIL CIENTO SESENTA EUROS.**

### 3. COSTE DE MANO DE OBRA INDIRECTA

---

Se calcula aplicando un porcentaje del 20% sobre el coste de la mano de obra directa, atendiendo a los gastos anuales de la empresa.

$$MOI = 0.2 \cdot 9160 = 1832 \text{ EUR}$$

Asciende el coste de mano de obra indirecta a la expresada cantidad de **MIL OCHOCIENTOS TRENTA Y DOS EUROS**.

## 4. COSTE DEL PUESTO DE TRABAJO

---

Se ha de tener en cuenta el coste de la maquinaria utilizada y de los gastos que esto conlleva, como el coste de combustible, agua, electricidad, mantenimiento, amortización, etc. Este coste se establece como 4 €/h sobre las horas de la mano de obra directa.

$$C_{PT} = 4 \cdot 458 = 1832 \text{ EUR}$$

Asciende el coste del puesto de trabajo a la expresada cantidad de **MIL OCHOCIENTOS TRENTA Y DOS EUROS**.

## 5. GASTOS GENERALES

---

Estos costes son la suma de los gastos en honorarios legales, personal administrativo, alquiler, etc. Se estima aplicando un factor del 15% sobre el coste de la mano de obra directa.

$$G_{generales} = 0.15 \cdot 9160 = 1374 \text{ EUR}$$

Asciende el coste de gastos generales a la expresada cantidad de **MIL TRESCIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS**.

## 6. GASTOS SOCIALES

---

Se establecen como un 24% del coste de la suma de la mano de obra directa más la indirecta.

$$G_{\text{Sociales}} = 0.24 \cdot (9160 + 1832) = 2738,10 \text{ EUR}$$

Asciende el coste de gastos sociales a la expresada cantidad de **DOS MIL SETECIENTOS TRENTA Y OCHO EUROS Y DIEZ CÉNTIMOS.**

## 7. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

El presupuesto de ejecución material es la suma del coste de materiales, mano de obra directa e indirecta, coste del puesto de trabajo, gastos generales y gastos sociales.

Coste de materiales.....	35725,94 €
Mano de obra directa.....	9160,00 €
Mano de obra indirecta.....	1832,00 €
Coste del puesto de trabajo.....	1832,00 €
Gastos generales .....	1374,00 €
Gastos sociales.....	2738,10 €

---

PEM.....	52662,04 €
----------	------------

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de **CINCUENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS.**

## 8. PRESUPUESTO DE CONTRATA

El presupuesto de contrata es el coste de ejecución material sumado la parte correspondiente del beneficio industrial y del IVA.

PEM.....52662,04 €

Beneficio industrial (6%)..... 3159,72 €

---

Total.....55821,76 €

IVA (21%) ..... 11722,56 €

---

Presupuesto de contrata.....**67544,33 €**

Asciende el presupuesto de contrata a la expresada cantidad de **SESENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS CON TRENTA Y TRES CÉNTIMOS.**

Santander, 5 de julio de 2021

Ingeniero Mecánico

Diego Ansorena Ruiz

# REFERENCIAS



## REFERENCIAS

- BOE. (Julio de 2015). *Instrucción ferroviaria de gálíbos*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-8765-consolidado.pdf>
- Contenedores de la serie 1. Manipulación y fijación*. (Junio de 1979). Obtenido de [https://portal-aenormas-aenor-com.unican.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina\\_per\\_sus.asp](https://portal-aenormas-aenor-com.unican.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina_per_sus.asp)
- Crozier, M. J. (2019). *EEUU Patente nº US010519647B2*.
- DECISIÓN DE LA COMISIÓN sobre la especificación técnica de interoperabilidad (ETI) relativa al subsistema «Material Rodante»*. (Mayo de 2002). Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D0735&from=ES>
- iContainers*. (Marzo de 2021). Obtenido de <https://www.icontainers.com/es/tipos-de-contenedores-y-sus-dimensiones/>.
- JOHNSON, B. D. (2020). *Patente nº 2 761 925*.
- marine insight, 16 Types of Container Units and Designs for Shipping Cargo*. (Marzo de 2021). Obtenido de <https://www.marineinsight.com/know-more/16-types-of-container-units-and-designs-for-shipping-cargo/>
- Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana*. (Marzo de 2021). Obtenido de [https://www.mitma.gob.es/transporte\\_terrestre](https://www.mitma.gob.es/transporte_terrestre)
- Páez, J. D. (Septiembre de 2014). *ELEMENTO DE UNIÓN PARA*. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23041/TRABAJO\\_FINAL\\_DE\\_MASTER\\_10\\_JAIR\\_INFANTE.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23041/TRABAJO_FINAL_DE_MASTER_10_JAIR_INFANTE.pdf)
- Philip T. Cantin, J. G. (2015). *EEUU Patente nº US 20150267396A1*.
- Pitarch. (Marzo de 2021). *Claves en el transporte de contenedores por carretera*. Obtenido de <http://www.pitarchlogistica.com/es/noticias/transporte-de-contenedores-carretera>
- UNE000830. (Septiembre de 2008). *AENOR*. Obtenido de Contenedores para el transporte de mercancías. Vocabulario: [https://portal-aenormas-aenor-com.unican.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina\\_per\\_buscador.asp](https://portal-aenormas-aenor-com.unican.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina_per_buscador.asp)
- UNE028597. (Marzo de 1988). *Contenedores de carga general aire/superficie (intermodal)*. Obtenido de [https://portal-aenormas-aenor-com.unican.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina\\_per\\_buscador.asp](https://portal-aenormas-aenor-com.unican.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina_per_buscador.asp)

UNE117103. (Septiembre de 1999). *AENOR*. Obtenido de Contenedores de la serie 1  
"Corners" Especificaciones: [https://portal-aenormas-aenor-  
com.unican.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina\\_per\\_buscadore.asp](https://portal-aenormas-aenor-com.unican.idm.oclc.org/aenor/Suscripciones/Personal/pagina_per_buscadore.asp)

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Contenedor estándar de 40 pies. Fuente: <a href="http://icontainers.com">icontainers.com</a> .....	4
Figura 2. Contenedor HC de 40 pies. Fuente: <a href="http://mastercontainermx.blogspot.com">mastercontainermx.blogspot.com</a> .....	5
Figura 3. Contenedor ventilado de 20 pies. Fuente: <a href="http://icontainers.com">icontainers.com</a> .....	5
Figura 4. Contenedor refrigerado de 20 pies. Fuente: <a href="http://mastercontainermx.blogspot.com">mastercontainermx.blogspot.com</a> .....	6
Figura 5. Contenedor “flat rack” de 40 pies. Fuente: <a href="http://icontainers.com">icontainers.com</a> .....	6
Figura 6. Contenedor “open top” de 40 pies. Fuente: <a href="http://icontainers.com">icontainers.com</a> .....	7
Figura 7. Caja móvil. Fuente: <a href="http://iberiacc.com">iberiacc.com</a> .....	8
Figura 8. Contenedor “open side” de 20 pies. Fuente: <a href="http://icontainers.com">icontainers.com</a> .....	8
Figura 9. Dibujo esquemático de las dimensiones exteriores de un contenedor estándar. Fuente: UNE 028597 .....	9
Figura 10. Valores numéricos de las dimensiones y tolerancias de un contenedor estándar. Fuente: UNE 028597 .....	10
Figura 11. distancias para el posicionamiento de las guías fijas de los “twist-locks”. Fuente: UNE 028597 .....	10
Figura 12. Dimensiones y tolerancias de los elementos esquina. Fuente: UNE 117103 .....	11
Figura 13. Longitud máxima autorizada para los vehículos articulados. Fuente: <a href="http://mitma.gob.es">mitma.gob.es</a> .....	12
Figura 14. Anchura máxima autorizada para los vehículos articulados. Fuente: <a href="http://mitma.gob.es">mitma.gob.es</a> .....	12
Figura 15. Altura máxima autorizada para los vehículos articulados. Fuente: <a href="http://mitma.gob.es">mitma.gob.es</a>	13
Figura 16. MMA para vehículos articulados de 4 ejes. Fuente: <a href="http://mitma.gob.es">mitma.gob.es</a> .....	13
Figura 17. MMA para vehículos articulados de 5 o más ejes. Fuente: <a href="http://mitma.gob.es">mitma.gob.es</a> .....	14
Figura 18. Gálíbos estandarizados de la UIC. Fuente: <a href="http://eur-lex.europa.eu">eur-lex.europa.eu</a> .....	16
Figura 19. Gálíbos estandarizados dentro de la unión europea. Fuente: <a href="http://eur-lex.europa.eu">eur-lex.europa.eu</a>	16
Figura 20. Medidas propias de los contornos de referencia GHE16, GEA16, GEB16 y GEC16, GA, GB y GC. Fuente: <a href="http://boe.es/eli/es">boe.es/eli/es</a> .....	17
Figura 21. Detalle de los contornos de referencia GHE16, GEA16, GEB16 y GEC16, GA, GB y GC. Fuente: <a href="http://boe.es/eli/es">boe.es/eli/es</a> .....	17
Figura 22. Grúa hidráulica acoplada sobre una cabeza tractora de 3 ejes. Fuente: <a href="http://ventadecamiones.eu">ventadecamiones.eu</a> .....	18
Figura 23. Grúa hidráulica acoplada sobre el semirremolque. Fuente: <a href="http://ormet.it/es">ormet.it/es</a> .....	19
Figura 24. Semirremolque con autocarga de contenedores. Fuente: <a href="http://milanuncios.com">milanuncios.com</a> .....	19
Figura 25. Patas hidráulicas. Fuente: <a href="http://bmtest.dk">bmtest.dk</a> .....	20
Figura 26. Grúa hidráulica autopropulsada. Fuente: <a href="http://gruasaguado.com">gruasaguado.com</a> .....	21

Figura 27. Tipos de fijaciones. Garfios, grilletes y cerrojos o “twist-lock”. Fuente: UNE 49762 .....	21
Figura 28. Bastidor de enganche manual fijado a un contenedor ISO. Fuente: UNE 49762	22
Figura 29. Contenedor elevado por las cuatro esquinas inferiores. Fuente: UNE 49762..	22
Figura 30. Ángulos de elevación “v” en función del tipo de contenedor. Fuente: UNE 49762 .....	22
Figura 31. Vista isométrica de la invención con varios componentes expuestos. Fuente: ES2761925T3.....	23
Figura 32. Vista isométrica de la invención completamente desplegada. Fuente: ES2761925T3.....	23
Figura 33. Vista isométrica de un contenedor ISO. Fuente: lianli-mach.com.....	24
Figura 34. Vista isométrica de la estructura interna del contenedor. Fuente: lianli-mach.com .....	25
Figura 35. Estructuras que forman un contenedor. Fuente: lianli-mach.com .....	26
Figura 36. Contenedor expandible en forma compacta. Fuente propia .....	27
Figura 37. Contenedor expandible en forma desplegada. Fuente propia .....	28
Figura 38. Estructura interna de un contenedor ISO de 40 pies. Fuente propia .....	29
Figura 39. Columnas retráctiles. Fuente propia.....	31
Figura 40. Estructura en celosía. Fuente propia.....	31
Figura 41. Diferentes configuraciones de celosías. Fuente: innombrables2013.blogspot.com .....	32
Figura 42. Subestructura metálica superior. Fuente propia .....	33
Figura 43. Subestructura metálica inferior. Fuente propia .....	33
Figura 44. Subestructura superior completa. Fuente propia.....	33
Figura 45. Subestructura inferior completa. Fuente propia.....	34
Figura 46. Postes esquina con tapa desmontable. Fuente propia .....	35
Figura 47. Vista del interior de la subestructura superior. Fuente propia.....	36
Figura 48. Dibujo esquemático del mecanismo de nivelación. Fuente: hetek.de .....	37
Figura 49. Apoyos de los largueros laterales inferiores. Fuente propia .....	38
Figura 50. Apoyos de los paneles laterales plegables. Fuente propia .....	38
Figura 51. Placas de apoyo. Fuente: recambiosparaguas.com.....	39
Figura 52. Contenedor interiormente cargado. Fuente: bmtest.dk.....	39
Figura 53. Anillo de anclaje de superficie. Fuente: mercadolibre.cl .....	40
Figura 54. Semirremolque plataforma. Fuente: jjforza.com .....	41
Figura 55. Patas hidráulicas acopladas y plegadas. Fuente: bmtest.dk .....	41
Figura 56. Mecanismo de despliegue. Pared plegable. Fuente propia .....	42
Figura 57. Mecanismo de despliegue. Unión desmontable. Fuente propia.....	43

Figura 58. Contenedor en forma compacta. Fuente propia .....	43
Figura 59. Expansión del contenedor. Fase 1. Fuente propia .....	44
Figura 60 Expansión del contenedor. Fase 2. Fuente propia .....	44
Figura 61 Expansión del contenedor. Fase 3. Fuente propia .....	45
Figura 62 Expansión del contenedor. Fase 4. Fuente propia .....	45
Figura 63 Expansión del contenedor. Fase 5. Fuente propia .....	46
Figura 64. Anclajes para lonas. Fuente: arcoisa.es .....	46
Figura 65. Bridas de cierre regulables. Fuente: elesa-ganter.es .....	47
Figura 66. Cilindro hidráulico en el interior del poste de esquina. Fuente propia .....	48
Figura 67. Dibujo esquemático del cilindro hidráulico. Fuente: cicrosa.com .....	49
Figura 68. Tabla de selección de cilindros. Fuente: cicrosa.com .....	50
Figura 69. Montaje cilindros hidráulicos. Fuente propia.....	51
Figura 70. Bomba hidráulica compacta. Fuente: southernfp.com .....	52
Figura 71 depósito hidráulico. Fuente: ebay.es .....	52
Figura 72. Modelado 3D de la instalación hidráulica. Fuente propia.....	53
Figura 73. Cabrestante eléctrico. Fuente: prowinch.cl.....	53
Figura 74. Modelado 3D del cabrestante eléctrico. Fuente propia.....	54
Figura 75. Esquema de funcionamiento de una bomba de calor reversible. Fuente: certificadosenergeticos.com.....	54
Figura 76. Unidad exterior RAM-110NP5E. Fuente: hitachiaircon.es .....	55
Figura 77. Especificaciones técnicas de las unidades exteriores de la serie RAM. Fuente: hitachiaircon.es .....	56
Figura 78. Cassette 600x600 RAI-50RPE. Fuente: hitachiaircon.es.....	56
Figura 79. Especificaciones técnicas de las unidades interiores de la serie RAI. Fuente: hitachiaircon.es .....	57
Figura 80. Rejilla de ventilación. Fuente propia.....	57
Figura 81. Placa lisa de falso techo. Fuente: thu.es .....	58
Figura 82. Velo acústico. Fuente: thu.es .....	58
Figura 83. Dimensiones para placas de falso techo. Fuente: thu.es.....	58
Figura 84. Foco LED empotrado. Fuente: ledbox.es .....	59
Figura 85. Tubo led de silicona. Fuente: ledbox.es .....	59
Figura 86. Sistema de iluminación instalado en la subestructura superior. Fuente propia ...	60
Figura 87. Puerta de dos hojas. Fuente: diaterm.com .....	60
Figura 88. Tabla de selección de medidas. Puertas de dos hojas. Fuente: diaterm.com.....	61
Figura 89. Rampa de entrada. Fuente: rampasportatiles.com.....	61
Figura 90. Cajas de suelo. Fuente: legrand.es .....	62
Figura 91. Medidas cajas de suelo. Fuente: legrand.es .....	62

Figura 92. Modelo de la subestructura superior mediante elementos 1D. Fuente propia .....	3
Figura 93. Mallado del modelo. Fuente propia .....	3
Figura 94. Vista tridimensional del modelo. Fuente propia .....	4
Figura 95. Restricciones de desplazamiento del modelo. Fuente propia .....	4
Figura 96. Cargas y restricciones de desplazamiento aplicadas. Fuente propia.....	5
Figura 97. Desplazamientos bajo propio peso. Fuente propia .....	5
Figura 98. Desplazamientos tras aplicar todas las cargas. Fuente propia .....	6
Figura 99. Tensiones máximas combinadas. Fuente propia.....	6
Figura 100. Carga aumentada a 1450Kg. Fuente propia.....	7
Figura 101. Desplazamientos tras aplicar todas las cargas. Fuente propia .....	7
Figura 102. Tensiones máximas combinadas. Fuente propia.....	8
Figura 103. Modelo de la subestructura superior mediante elementos 1D y 2D. Fuente propia .....	9
Figura 104. Mallado del modelo. Fuente propia .....	9
Figura 105. Vista tridimensional de los elementos que conforman el modelo. Fuente propia .....	10
Figura 106. Mallado 2D del modelo. Fuente propia .....	10
Figura 107. Cargas aplicadas a la subestructura inferior. Fuente propia .....	11
Figura 108. Deformada de la subestructura inferior. Fuente propia.....	12
Figura 109. Concentración de tensiones en los elementos 2D. Fuente propia .....	12
Figura 110. Tensiones máximas combinadas. Fuente propia.....	13
Figura 111. Detalle correspondiente a las tensiones máximas combinadas. Fuente propia	13
Figura 112. Vista tridimensional de los elementos que conforman el modelo.....	14
Figura 113. Cargas aplicadas al modelo. Fuente propia .....	14
Figura 114. Desplazamientos máximos. Fuente propia.....	15
Figura 115. Tensiones máximas combinadas. Fuente propia.....	15
Figura 116. Tensiones de Von Mises en los postes de esquina. Fuente propia .....	16
Figura 117. Modelado de la estructura completa incluyendo laterales. Fuente propia.....	17
Figura 118. Vista tridimensional del modelo. Fuente propia .....	17
Figura 119. Mallado de las esquineras y postes de esquina. Fuente propia.....	18
Figura 120. Fijación de los paneles laterales. Fuente propia.....	18
Figura 121. Cargas aplicadas sobre el modelo. Fuente propia.....	19
Figura 122. Desplazamientos de la estructura completa. Fuente propia .....	19
Figura 123. Tensiones máximas de la estructura principal. Fuente propia .....	20
Figura 124. Tensiones axiales en los elementos de unión inferiores. Fuente propia .....	20
Figura 125. Tensiones axiales en los elementos de unión superiores. Fuente propia .....	21
Figura 126. Tensiones de Von Mises en las cantoneras superiores. Fuente propia .....	21

Figura 127. Velocidad del viento por zonas. Fuente: CTE.....	23
Figura 128. Coeficientes de exposición tabulados Fuente: CTE .....	23
Figura 129. Paramentos verticales Fuente: CTE.....	24
Figura 130. Cubiertas a dos aguas con viento perpendicular a la lima Fuente: CTE.....	26
Figura 131. Cubiertas a dos aguas con viento perpendicular a la lima Fuente: CTE.....	26
Figura 132. Cubiertas a dos aguas con viento paralelo a la lima Fuente: CTE.....	27
Figura 133. Cubiertas a dos aguas con viento paralelo a la lima Fuente: CTE.....	27
Figura 134. Zonas climáticas de invierno Fuente: CTE .....	28
Figura 135. Sobrecarga de nieve en una superficie horizontal (kN/m <sup>2</sup> ) Fuente: CTE .....	29
Figura 136. Vista 3D de los elementos del modelo. Fuente propia.....	29
Figura 137. Restricciones de movimiento. Fuente propia.....	30
Figura 138. Cargas aplicadas al modelo. Fuente propia .....	30
Figura 139. Desplazamientos máximos. Fuente propia.....	31
Figura 140. Tensiones máximas combinadas en los perfiles metálicos. Fuente propia .....	31
Figura 141. Detalle. Tensiones máximas combinadas en los perfiles metálicos. Fuente propia .....	32
Figura 142. Detalle. Tensiones máximas combinadas en los perfiles metálicos. Fuente propia .....	32
Figura 143. Detalle. Tensiones máximas combinadas en los perfiles metálicos. Fuente propia .....	33
Figura 144. Cargas en los apoyos bajo el caso de presiones de succión. Fuente propia ....	33
Figura 145. Clip de resorte. Fuente: porklandl.com.....	34
Figura 146. Modelo utilizado. Fuente propia .....	35
Figura 147. Simulación del modelo. Fuente propia .....	36
Figura 148. Simulación del modelo. Fuente propia .....	37
Figura 149. Simulación del modelo. Fuente propia .....	37
Figura 150. Esfuerzos en función del ángulo girado. Fuente propia .....	38
Figura 151. Esfuerzos de ambos pares R. Fuente propia .....	38
Figura 152. Modelo 3D MEF. Fuente propia. ....	40
Figura 153. Tensiones de Von Mises. Fuente propia. ....	41
Figura 154. Desplazamientos en el modelo. Fuente propia.....	41
Figura 155. Pasador de seguridad. Fuente: achando.net.....	42
Figura 156. Bisagra suelo-pared. Fuente propia .....	43
Figura 157. Bisagra pared-cubierta. Fuente propia .....	43
Figura 158. Bisagra suelo-suelo. Fuente propia .....	44
Figura 159. Bisagra cubierta-cubierta. Fuente propia.....	44
Figura 160. Bisagras tipo 1. Fuente propia.....	45

Figura 161. Modelo CAD. Fuente: elaboración propia.....	46
Figura 162. Modelo de la bisagra tipo 2. Fuente: elaboración propia .....	46
Figura 163. Deformada de la bisagra tipo 2. Fuente: elaboración propia.....	47
Figura 164. Tensiones de Von Mises experimentadas por la bisagra tipo 2. Fuente: elaboración propia .....	47
Figura 165. Fuerzas en las restricciones de movimiento. Suelo plegable. Fuente: elaboración propia.....	48
Figura 166. Fuerzas en las restricciones de movimiento. Estructura principal. Fuente: elaboración propia .....	49
Figura 167. Modelo tridimensional de los apoyos. Fuente: elaboración propia.....	49
Figura 168. Desplazamientos máximos de cada apoyo. Fuente: elaboración propia .....	50
Figura 169. Tensiones de Von Mises experimentadas por cada apoyo. Fuente: elaboración propia.....	50
Figura 170. Cálculo de soldaduras, bisagra tipo 1. Fuente: elaboración propia.....	52
Figura 171 Cálculo de soldaduras, bisagra tipo 2. Fuente: elaboración propia.....	53
Figura 172 Cálculo de soldaduras, placas de apoyo. Fuente: elaboración propia .....	54
Figura 173 Cálculo de soldaduras, soportes AC interior. Fuente: elaboración propia.....	55
Figura 174 Cálculo de soldaduras, chapa cabrestante eléctrico. Fuente: elaboración propia .....	56
Figura 175 Cálculo de soldaduras, elemento de cierre de forma. Fuente: elaboración propia .....	57
Figura 176 Cálculo de soldaduras, elemento de cierre de forma. Fuente: elaboración propia .....	57
Figura 177. Unión atornillada paneles frontal y posterior desmontables. Fuente: elaboración propia.....	58
Figura 178. Pernos con rosca interior. Fuente: atslamberti.com.....	60
Figura 179. Sistema de palanca desmontable. Fuente propia.....	64
Figura 180. Lona de tejido de aramida recubierto de PVC. Fuente: colmant-coated-fabrics.es .....	65
Figura 181. Medidas detalladas unidad exterior RAM-110NP5E. Fuente: hitachiaircon.es .	67
Figura 182. Medidas detalladas unidad exterior RAI-50RPE. Fuente: hitachiaircon.es .....	68
Figura 183. Medidas detalladas unidad exterior RAI-50RPE. Fuente: hitachiaircon.es .....	69
Figura 184. Curva de transmisibilidad de un sistema masa muelle amortiguador. Fuente: cauchometal.com.....	70
Figura 185. Curvas de selección de los elementos antivibratorios. Fuente: cauchometal.com .....	71
Figura 186. Esquema de medidas de los modelos tipo BRB. Fuente: cauchometal.com ....	72



Figura 187. Tabla de selección de los elementos antivibratorios. Fuente: cauchometal.com .....	72
Figura 188. Curvas de pandeo y fuerzas de empuje y tracción (Ton) en función de la presión aplicada (bar). Fuente: cicrosa.com .....	73
Figura 189. Curva presión-caudal, serie 550. Fuente: southernfp.com .....	75
Figura 190. Tabla de recomendación de la potencia del motor de la bomba. Fuente: southernfp.com .....	76